

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.com

ИСТОРИЯ
ПРИНЦИПОВ
ФИЗИЧЕСКОГО
ЭКСПЕРИМЕНТА

ОТ АНТИЧНОСТИ
ДО XVII В.



АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ

А. В. АХУТИН

ИСТОРИЯ
ПРИНЦИПОВ
ФИЗИЧЕСКОГО
ЭКСПЕРИМЕНТА

ОТ АНТИЧНОСТИ
ДО XVII В.



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА» • МОСКВА 1976

Книга посвящена исследованию физического эксперимента в античной науке, в науке Средних веков и Нового времени (начальный период). Автор прослеживает, как на протяжении истории физики менялся способ конструирования идеального объекта (предмета теоретического исследования), способ мысленного экспериментирования, само отношение между экспериментальной деятельностью и теоретическим мышлением.

Ответственный редактор
доктор философских наук
И. С. ТИМОФЕЕВ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Широко распространено убеждение, что наука в полном смысле слова сформировалась в XVI—XVII вв. Что же касается древности, то речь может идти не более чем об аспектах, элементах научности. Только в XVII в. философия природы и логика естествознания, теоретическая математика и эмпирическое наблюдение вступили в такое взаимодействие, в результате которого возникло современное математическое естествознание. Сущностным основанием новой науки становится исследовательский эксперимент. Теоретическое познание отныне разворачивается в контексте возможного эксперимента. Через эксперимент математическая абстракция связывается с природной реальностью, а натур-философская категория получает конструктивно-теоретический смысл. Внедрение теории в опыт и опыта в теорию, т. е. формирование исследовательского эксперимента принципиально отличается новую науку от древней.

Становление современной теоретической физики было связано с пересмотром фундаментальных представлений классической физики. В «очевидном» и «естественном» обнаружилось неясные предпосылки, метафизические допущения, условные идеализации. Для истории науки возникло реальное основание, чтобы по-новому взглянуть на эпоху возникновения самой классической физики. Современная теоретическая физика выдвигает историко-научную проблему: как формировались эти условности и идеализации, как изобретался «естественный свет разума» классической физики. Одним из важнейших предметов историко-научного анализа оказываются также и предпосылки, лежащие в основе экспериментальной деятельности. Исследование этих предпосылок и привело к созданию данного труда.

Внимание автора привлекли сочинения Галилея. Первое же чтение его произведений поражает одной парадоксальной особенностью. Почти все рассуждения Галилея в малых и больших трактатах представляют собой разбор экспериментов, критику их, изобретение новых экспериментов, реальных и воображаемых, доказательство путем наглядной демонстрации, наглядность которой создается, впрочем, тут же, в рамках текста. Эти бесчисленные эксперименты обладают способностью доказывать еще до того, как

их реально осуществляют. Более того, там, где Галилей как будто бы рассказывает о действительно исполненных им опытах, за редким исключением, приводимые им результаты вызывают серьезные сомнения. Галилей мыслит экспериментально, в экспериментах, посредством экспериментов, но всякий раз оказывается, что он «и до опыта убежден» в истинности результата, несмотря на то, что часто результат, по видимости, противоречит убеждению.

Это характерно для ситуации возникновения физической теории. Теоретик мыслит в экспериментах, но эксперименты остаются по преимуществу мысленными.

В таком случае, быть может, есть смысл внимательнее взглянуть в теоретический мир древности, чтобы и там различить этот момент, характерный, по-видимому, для теоретического мышления вообще. Результат такого исследования — перед читателем. Автор считает его опытом систематического введения в проблему, которая по глубине и содержанию выходит далеко за рамки очерченные в нашей работе.

Большую помощь в разработке основной задачи и в решении многих проблем философского характера оказал автору В. С. Виблер. Степень и значение этой помощи определяются далеко не только знакомством с его трудами, многое уяснилось автору во время многократных обсуждений с В. С. Виблером различных частей работы. Мне приятно воспользоваться случаем, чтобы выразить здесь В. С. Виблеру искреннюю и глубокую благодарность.

Тонкое и оригинальное исследование Я. А. Ляткера о творчестве Декарта во многом изменило и углубило наши представления о формировании идеи математизации физики. Я признателен Я. А. Ляткеру за любезное разрешение ознакомиться с подготовительными материалами к его диссертации, а также с его переводами переписки Декарта.

Постоянные консультации по проблемам современной теоретической физики с Вл. П. Визгиным позволили избежать некоторых ошибок и соблюдать сугубую осторожность при изложении фундаментальных физических проблем.

Вся исследовательская работа проводилась автором в секторе истории физики Института истории естествознания и техники. Сектором руководил ныне покойный доктор физико-математических наук, профессор Я. Г. Дорфман. Без постоянного серьезного и чуткого внимания, которое уделял автору проф. Я. Г. Дорфман, работа не могла бы быть завершена. Если исследование приняло законченную форму монографии, то автор прежде всего обязан этим помощи проф. Я. Г. Дорфмана и творческому общению с сотрудниками сектора истории физики.

Я признателен также всем, кто высказывал критические замечания о работе. Прямо или косвенно они были неизменно полезны для автора.

ВВЕДЕНИЕ

В тот период, о котором пойдет речь в нашем исследовании, научное познание имело такой смысл и занимало такое место в культуре, что историку науки каждый раз приходится обосновывать правомерность своего анализа, доказывать, что речь идет не о простом распространении современных представлений на прошлое. Если же говорить о формах *экспериментальной деятельности*, свойственных научному мышлению античности или средневековья, нужда в таком обосновании особенно остра. Поэтому мы хотим предпослать историческому описанию несколько соображений общего характера. Эти соображения не претендуют на теоретическую строгость или завершенность. Вводимые здесь представления будут уточняться и развиваться по ходу изложения материала.

Во введении нельзя, разумеется, дать сколько-нибудь подробный логико-философский анализ проблемы эксперимента во всех аспектах, развернутых в современной чрезвычайно обширной и разнообразной литературе по этому предмету. Вопросы, которые мы собираемся сейчас обсудить, жестко связаны с одним ведущим: «Как возможно историческое исследование экспериментальной деятельности в физике, если речь идет о *древней науке*?» Понятие эксперимента развертывается поэтому лишь в той мере, которая необходима для нашей сравнительно узкой темы.

I

Вопрос: «Что такое эксперимент?» с некоторых пор оказался отнюдь не тривиальным для теоретической физики. Если в рамках классической физики разграничение прибора и испытуемого объекта не составляло проблемы, и экспериментатор не задумываясь разделял единое физическое событие на «орудие» (средство наблюдения) и «предмет» (наблюдаемое), то уже в развитии электродинамики и явно с возникновением релятивистских и квантовомеханических проблем само это разделение стало предметом теоретического анализа*. Теория прибора и измерения выступила в качестве существенной части теории самого объекта.

* См. примечания в конце книги.

Необходимость включить в теорию «точку зрения наблюдателя» впервые была теоретически осмыслена в теории относительности Эйнштейна. В принципе относительности это определяется как требование исключить неважное присутствие «точки зрения» из формулировки физических законов². Гораздо более радикальное и заостренно-проблемное выражение это требование нашло в рамках квантовой механики. «...Вытекающее из самой сути измерения применение классических понятий»³ при описании квантовомеханических событий повлекло за собой ряд неожиданных утверждений. Различные аспекты ситуации, зафиксированные в принципах наблюдаемости и неопределенности Гейзенберга и в принципе соответствия Бора были затем сведены Бором в принцип дополнителности. В известной дискуссии с Эйнштейном, Подольским и Розеном о «полноте квантовомеханического описания» и в многочисленных статьях и докладах Бор показал содержательную глубину этого принципа⁴.

Необходимо, с одной стороны, чтобы квантовомеханические объекты были объектами возможного эксперимента. В определенной экспериментальной установке, подчиняющейся законам классической физики, они, следовательно, могут быть воспроизведены только как «псевдоклассические» объекты (квантовомеханический объект, воспроизведенный с определенной классической «точки зрения»). «Дополнительность» есть в этом смысле способ рассматривать квантовомеханический объект, включив в его теорию возможные классические «точки зрения» на него.

С другой стороны, любой процесс измерения квантовомеханического объекта сам по себе есть квантовомеханическое событие. Измеряемое деформируется, становится другим в самом акте измерения. Поскольку взаимодействие между прибором и объектом конечно и того же порядка, что и взаимодействие между самими квантовыми объектами, измерительное устройство оказывается как бы частью измеряемого. Теория потенциального измерения (возможного эксперимента) должна быть включена в теорию квантового объекта как такового.

В целом отношении с кругом этих проблем находится другой, быть может, даже более значительный процесс, наблюдаемый в современной теоретической физике. Представление об эксперименте как о простом средстве получения и проверки наших знаний кажется недостаточным, когда обращают внимание на ту исключительно автономную роль, которую играет в современной теоретической физике конструктивно-математическое мышление. Содержание фундаментальной теории в существенных чертах определяется принципами ее математической структуры⁵. Анализ трудностей, с которыми столкнулись физики в попытке построить единую теорию поля, приводит, в частности, к выводу, что для такой теории «требуется, чтобы необходимость величины предшествовала бы измерению самой величины, ее эмпирическому обоснованию»⁶.

Эти процессы чрезвычайно характерны для так называемого неклассического типа теоретизирования в современной математической физике. Можно привести немало свидетельств недоумения, высказываемого современными математиками и физиками в связи с проблемой эксперимента. Тривиальный на первый взгляд факт происхождения наших знаний из опыта оказывается «чуждом», а эффективность математического мышления в физике — непонятным предопределением⁷. Место и роль эксперимента в отношениях теоретического мышления с реальностью оказываются далеко не столь ясными, как это представляется на первый взгляд.

«Физик», — говорил Эйнштейн, — не может продвигаться вперед, если в критические моменты, возникающие при решении наиболее трудных проблем, он не займется изучением самого мышления⁸. Ясно, что в столь радикально критической ситуации, в которой находится современная физика, исследованию и критическому пересмотру подвергаются не только логические или гносеологические основания теоретического мышления, но и такое важнейшее основание научной деятельности вообще, каким является эксперимент⁹.

II

Замысел нашей работы — дать историческую ретроспективу проблемы. Речь не идет о том, чтобы просто описывать экспериментальную деятельность физики прошлых эпох. Мы хотим использовать историческое исследование как форму анализа самого понятия об эксперименте, как путь углубления или изменения этого понятия.

В таком случае, очевидно, нельзя просто воспользоваться существующим понятием, чтобы с его помощью исследовать исторический материал. Чтобы исторический анализ мог быть продуктивным, чтобы наше представление о сущности эксперимента, о его отношении к практической деятельности, наблюдению, теоретическому мышлению могло всерьез измениться или обогатиться в результате исторического исследования, нужно заранее сделать это вообще возможным. Нужно, иными словами, освободить наше представление об экспериментальной деятельности от жесткой связи с той или другой ее формой, знакомой нам по собственному случайному опыту.

Речь, далее, идет именно о *принципах* эксперимента. Многообразие экспериментальной деятельности какой-либо эпохи в истории науки при всей видимой пестроте составляет тем не менее некое единство. Сколь бы случайным и произвольным ни выглядел отдельно взятый эксперимент, он, если только планируется ученым, стоящим на уровне научной культуры своей эпохи, всегда уже связан с множеством других проделанных и проектируемых экспериментов, всегда построен в рамках определенной господствующей теории (пусть даже и для ее радикальной провер-

ки) и в конечном счете составляет деталь в одном большом эксперименте в системе определенной «научно-исследовательской программы»¹⁰. В зависимости от того, каким образом тот или иной способ теоретического отношения к миру устанавливает сферу знания, мышления в противоположность сфере предметно-чувственного (а в разные эпохи это делалось по-разному), развертывается соответствующая форма экспериментальной деятельности (ее отсутствие тоже ведь определенное решение проблемы эксперимента).

Замысел нашей работы — не просто историческая ретроспектива. Исторический анализ помогает увидеть «невидимые» стороны экспериментальной деятельности, ибо каждая эпоха эгоистична по-своему, она выпячивает и использует те стороны единой научно-теоретической культуры, которые другая эпоха отводит на задний план или вовсе забывает. Мы видим, стало быть, задачу нашего исторического исследования в развешивании на историческом материале свернутых и скрытых сегодня моментов экспериментальной деятельности.

Для обострения (и углубления) проблемы мы берем предельный случай. Мы исследуем такие эпохи, которые, как правило, считались эпохами чисто спекулятивной научной мысли, абстрактного теоретизирования, пренебрегавшего критерием опыта. Создавая такие «искусственные» условия исторического исследования, мы как бы испытываем одновременно и представление о научном мышлении в эпоху античности и средневековья, и представление об эксперименте, почерпнутое из современной науки. В этих предельных условиях отчетливее всего обнаруживаются те стороны экспериментальной деятельности, которые почти нацело исчезли из самосознания физики XVIII—XIX вв., но которые как раз и составляли основную форму экспериментирования, скажем, в античной науке. В качестве примера можно привести такой аспект *всякого* научного опыта, как мысленный эксперимент с идеализованным предметом^{10а}. Именно этот момент, как мы попробуем показать, сосредоточивал в себе почти всю экспериментальную деятельность предшествовавших эпох.

Анализ творчества Галилея, которым завершается работа, должен показать внутреннюю связь экспериментальной деятельности науки Нового времени и тех форм эксперимента, которые мы видели в древней науке. Работы этого замечательного ученого представляют собой едва ли не единственное во всей истории физики Нового времени свидетельство того, какие глубокие и отвлеченные от прямой задачи размышления и исследования кроются в подоплеке физической теории. И в том, что касается эксперимента, работы Галилея — истинный клад с сокровищ. В них можно указать все те аспекты, которые мы столь гипотетично пытаемся очертить в научной деятельности предшествующих эпох; кроме того, видно, как изменяется с изменением теоретической установки сам принцип эксперимента, как намечается то самое рас-

щепление науки на две почти целиком самостоятельные области — предметно-экспериментальных исследований и конструктивно-математического теоретизирования, — которое мы наблюдаем теперь в его предельном развитии.

Но каким образом вообще можно сформировать то пусть предварительное понимание эксперимента, которое позволит нам искать его специфические формы в истории древней науки?

Присмотримся повнимательнее к тому, что мы всегда уже подразумеваем, когда говорим об эксперименте.

III

В современной науке можно зайти чрезвычайно далеко в построении абстрактных математических структур, готовых стать основой физической теории. Для фундаментальных теорий именно принципы, касающиеся их математического строения (например, в теоретико-групповом подходе), оказываются наиболее продуктивными и содержательными¹¹. Тем не менее даже в этом случае мы сталкиваемся с проблемой эксперимента по меньшей мере в двух пунктах — так сказать, «на входе» и «на выходе». Исходный теоретический конфликт всегда может быть сформулирован (и обычно формулируется) как конфликт теории с экспериментальным результатом, например известные максвелловские эксперименты для классической электродинамики. Развита же самостоятельно теория должна быть экспериментально интерпретируема и способна доказывать экспериментальные факты, проверка которых и будет критерием ее предметной истинности (сверх внутренней — формальной — истинности, непротиворечивости).

Легко установить эти две функции эксперимента: быть источником теоретического конструирования и быть критерием (критиком) истинности теоретических конструкций. Не так сложно провести разграничение между, например, экспериментальной физикой, в которой на основе фундаментальной теории происходит теоретическое освоение различных физических феноменов, и теоретической физикой, в которой предметом испытания могут стать как раз фундаментальные принципы теории. И тем не менее при всей интуитивной ясности дать хотя бы предварительное определение эксперимента оказывается не так-то просто.

Попробуем сначала отчетливей представить себе, что мы обычно имеем в виду, когда говорим о научном эксперименте. С первого же взгляда можно заметить, что на разных этапах развития научной системы, например теоретической физики, эксперимент выполняет самые разные функции. В этом многообразии можно, однако, выделить две формы экспериментальной деятельности, образующие как бы два факуса познавательного цикла.

В начале, когда, как кажется, никакого знания еще нет и его надо получить, непосредственный предметный опыт выступает в

качестве прямого источника научного знания — в функции исследовательского эксперимента. Перед экспериментатором предмет, и в эксперименте он должен получить знание о нем. Он должен, иными словами, так отобрать их, так разместить, так деформировать, поставить в такие условия, чтобы они обнаружили свою «действительную природу», подлинную форму, присущий им характер поведения, закон существования, взаимодействия, взаимопревращения. На эмпирическом уровне объективное содержание не может быть адекватно выявлено¹², в эксперименте же ученый формирует из эмпирической предметности собственный объект исследования и имеет в виду получить теоретическое знание о нем.

Когда же, напротив, мы имеем дело с развитой теоретической системой, внутри которой теоретик способен логическим путем выдвигать утверждения, и эти утверждения, следовательно, уже являются теоретически обоснованными знаниями, встает проблема предметной проверки этого знания. Здесь на первый план выдвигается проверочная функция эксперимента. Дело экспериментатора — подтвердить или опровергнуть теоретически полученное утверждение. Теоретические конструкции должны быть физически интерпретированы, на основе этой интерпретации должны быть указаны возможные физические события, которые и могут стать предметом экспериментального воспроектирования. Функция проверочного эксперимента поэтому как будто противоположна функции эксперимента исследовательского. Экспериментатор имеет дело с готовым знанием, с теоретическим понятием, и речь идет о том, чтобы испытать это понятие на его предметную истинность.

Фиксируя две эти функции — исследовательскую и проверочную — единой экспериментальной деятельности, можно, по-видимому, выдвинуть следующее предварительное определение эксперимента: *эксперимент есть преобразование чувственно-данного предмета с целью его объективного (теоретического) понимания и воплощение в наблюдаемых процессах теоретического конструкта с целью его предметной проверки (ясно, что сама проверка обеспечивается более или менее сложной системой интерпретации).*

Простота этого определения кажущаяся. И не только потому, что здесь опущено много принципиально важных звеньев. При ближайшем рассмотрении каждый шаг, приведенный к этому определению, оказывается проблематичным. Когда отсутствует какое бы то ни было теоретическое понятие (знание), невозможно не только правильно интерпретировать результаты исследовательского эксперимента, невозможно вообще его поставить, поскольку неизвестно, какие предметы надо отбирать, как надо их преобразовывать, в какие условия ставить. Теоретическое знание уже должно быть, следовательно, предпослано научному эксперименту, чтобы в нем можно было такое знание получить. А это значит,

что невозможен простой переход от предмета к понятию, если предмету так или иначе не предпослано понятие.

Наоборот, в проверочном эксперименте мы хотим предметно обосновать (доказать показом) то, что уже обосновано теоретически, доказано в рамках теоретической системы. Эта проверка, стало быть, ставит под вопрос не только то частное утверждение (предсказание) теории, которое непосредственно испытывается в эксперименте, но и как определенную форму обоснования знания — всю теорию в целом¹³. Если доказанное в теории утверждение оказывается предметно недействительным, затрагиваются сами основы теории, с которыми это утверждение логически связано.

О чем в самом деле свидетельствует отрицательный результат эксперимента? При условии, что испытываемое утверждение выведено из теории правильно (нет логической ошибки), что интерпретация результатов также проведена правильно (и сама «логика интерпретации» не ставится под сомнение), при условии далее, что теория, описывающая средства наблюдения, измерения, вообще физику прибора, не ставится под вопрос в том же эксперименте, а берется в качестве надежно работающей, отрицательный результат эксперимента может свидетельствовать, в конечном счете, о внутренней ограниченности теории в целом и дает повод к тому, чтобы искать то содержательное противоречие, в котором выражается эта ограниченность. Так, Эйнштейн в своей классической статье «К электродинамике движущихся тел»¹⁴, сразу же указывает радикальное противоречие («асимметрию»), к которому приводит электродинамика в применении к движущимся телам. Такая постановка вопроса радикальные ссылки на эксперименты типа Максвелловских.

Но, как только что было замечено, именно в теории мы черпаем сам замысел эксперимента, схему его исполнения, критерии правильности и средства теоретической интерпретации его результатов. Как же может эксперимент обосновывать теорию, если теория является основанием эксперимента?

Теория развивается под контролем эксперимента. Ее понятия и законы должны доказывать свою предметную действительность, ее предсказания должны подтверждаться, теоретически рассчитанные системы должны работать и давать предсказываемый эффект. Но именно теория дает нам критерий того, что эксперимент ведется правильно, и, следовательно, сама контролирует эксперимент¹⁵. Таким образом, проверка самообоснованной теории такая же проблема, как и происхождение теоретического знания из опыта.

Эти противоречивые круги, связанные с двумя функциями эксперимента, точнее сказать, с двумя аспектами единой экспериментальной деятельности, и составляют средоточие исследовательской проблемы, которая лежит в основе нашего историко-научного анализа.

Если попытка определить эксперимент, исходя из обычного, индуктивного представления об экспериментальной деятельности, приводит, как кажется, к порочному кругу (чтобы познать, нужно уже знать, чтобы проверить, нужно нечто постулировать), можно попробовать очертить сферу экспериментальной деятельности, проводя демаркационную линию между экспериментом и тем, что, будучи сходным с ним в том или другом отношении, все же не может быть понято как эксперимент.

Возьмем за основу те же два полюса научной деятельности: полюс предметно-практический и полюс понятийно-теоретический. Без особых размышлений мы относим эксперимент к сфере чувственно-предметной практики — это всегда наблюдение или испытание реальных вещей и событий. Однако это особая практика. Хотя и она имеет дело с орудиями и машинами (инструментальная техника), ее отношение к предмету и ее цель принципиально иные, чем в практике материального производства. Этот род практики непрерывно и целенаправленно переходит в «практику» теоретического мышления, движущегося по своим, логическим законам.

Эксперимент и теоретическое наблюдение, безусловно, развиваются на почве ремесленной, медицинской, навигаторской, сельскохозяйственной и прочей опытности. Они пребывают в том же материале, но теоретическая цель радикальнейшим образом изменяет отношение к этому материалу, преобразует саму форму опыта и иначе направляет наблюдение.

Если, впрочем, в современной науке такое разграничение достаточно очевидно и не требует специального исследования, то при изучении древней науки и техники разделить эти сферы не так-то просто. Здесь возникают особые трудности, встают неожиданные вопросы.

Можно ли, например, сопоставлять друг с другом эмпиризм древности и Нового времени? Почему в одном случае эмпирические наблюдения порождают натурфилософию, основанную на аналогиях, а в другом — явственно группируются в естественно-научную закономерность? Являются ли экспериментами практические исследования изобретателей и техников античности (Архимед, Герон, Витрувий, Папп) и средневековья (например, оптические исследования арабов или опыты Р. Гроссестета и Р. Бэкона)? Научна ли инженерная опытность мастеров и архитекторов эпохи Возрождения, эпохи, для которой столь характерно необузданное «экспериментирование» во всех областях культуры? Экспериментальны ли исследования алхимиков? Когда и в результате чего мастерская художника и изобретателя превращается в лабораторию ученого?

В действительности разграничить практическое испытание и исследовательский эксперимент возможно далеко не всегда. Тем

более что весь этот богатейший материал практической опытности вовлекается в науку и переосмысливается как совокупность экспериментальных исследований и теоретических наблюдений. Но, чтобы это стало возможным, нужна специальная точка зрения, определенная теоретической целью.

Если практическое испытание направлено на достижение цели, для которой исследуемый предмет лишь средство (например, музыкант может варьировать длину или натяжение струн музыкального инструмента, чтобы научиться переходить от одного музыкального лада к другому), то то же самое *действие* становится экспериментальным, т. е. теоретически нацеленным, когда в него включается *противодействие*, возвращающее наше внимание к исходному предмету (в приведенном примере, если цель испытателя — установить закон консонантных отношений вообще). Надо, впрочем, помнить, что при теоретическом отношении к природе целью является не только и не столько та или иная область природы, сколько всеобщие определения природного бытия, такие, например, как «движение», «сила», «пространство-время».

Подобным же образом решается проблема наблюдения. Наблюдение по самой своей природе относится к предмету теоретично. Оно не затрагивает предмет, оставляет его в естественном бытии и лишь стремится фиксировать для себя закономерности этого бытия. Именно поэтому в процессе наблюдения искали в первую очередь опытную основу теоретической науки. Но чем в таком случае отличаются столь точные и детальные астрономические наблюдения вавилонских и египетских писцов от убогих в сравнении с ними астрономических знаний древних греков (только во II в. до н. э. Гиппарх освоил богатство вавилонской астрономии и только во II в. н. э. Птолемей смог их теоретически обработать)? Многоопытный и глубоко практичный наблюдатель обычно делает гораздо более тонкие и надежные предсказания, чем вечно сомневающийся и сугубо непрактичный в своем логическом и методологическом педантизме теоретик.

Это наводит на мысль, что в одном и том же процессе наблюдения теоретик ищет нечто иное, нежели практик. Для него мало заметить повторяемость в чертах предметов или событий и вывести из этого закон (не говоря уже о том, что теоретик прежде всего увидит в этой операции логическую проблему). «Вывалый человек» знает, что при наличии таких-то примет на верняк произойдет такое-то событие; «мулрец» может даже вычислить при помощи заранее составленных таблиц время захода и восхода небесных светил, время затмений и т. д., — но не это интересует теоретика. Ему важно прежде всего знать, как, почему, по какой причине это происходит. Он заполняет логическую пропасть индуктивного умозаключения, обнаруживая за несколькими единичными событиями *один* механизм, порождающий эти события и, следовательно объясняющий их, или *один-един-*

ственный предмет, который события как бы намечает пунктиром. Не столько практически значимая *уверенность* в повторении событий, лишенных внутренней связи, важна ему здесь, сколько теоретически значимая *необходимость* события, вытекающая из особенностей предметной конструкции или механизма, скрывающихся за этими единичными событиями. Поиск истинной, предметной связи — вот что делает наблюдение теоретическим. «Небесным узором, — говорил Платон, — надо пользоваться как пособием для изучения подлинного бытия...»¹⁶. Именно этим поиском «разумного» механизма, скрывающегося за пестрым движением небесных тел (система циклических движений), и объясняется столь серьезное отставание греческой *практической* астрономии. «...Очевидной целью теоретической астрономии (у греков. — А. А.), — пишет О. Нейгебауер, — стало построение чисто геометрической теории движения планет в целом, а характерные явления в значительной мере потеряли свой специфический интерес, особенно после того, как греческие астрономы развили опыт наблюдений в достаточной степени, чтобы понять, что явления, наблюдаемые возле горизонта (главным образом и занимавшие вавилонян. — А. А.), представляют собой наилучший возможный выбор для получения необходимых эмпирических данных»¹⁷.

Именно теоретическая цель должна указать экспериментатору, какие предметы отобрать, как их расположить, в какие условия поставить, каким образом деформировать, чтобы опыт имел теоретически значимый результат. Поиск экспериментатора строго целенаправлен. Он может ставить свой вопрос к природе потому, что предпосылает ему возможный, теоретически сформулированный ответ. Всякий предметный опыт становится теоретически продуктивным (экспериментальным) при том неперемennom условии, что ему предпосылается идеальный (мысленный) образ искомого — форма, схема, тип закона, — и именно к этому идеальному образу (объекту) будут непосредственно относиться утверждения развиваемой теории.

V

При внимательном рассмотрении проблема видится еще более сложной. Даже в самый начальный период исследования, когда еще только предстоит выделить, распознать предмет, экспериментатор или наблюдатель никогда не имеет дело только с предметом, а всегда также и с некоторым старым знанием о предмете, имеющимся уже опытом. В противном случае предмет и не мог бы стать предметом возможного опыта вообще. Представление, которое сложилось о предмете в обычной жизни, результат предшествующей научной работы, принявший вид естественного определения предмета, короче говоря, то или иное понятие предмета, всегда уже предшествующего научному познанию, — вот что подлежит исследованию экспериментатора уже в самом начале.

Процесс *предметного* экспериментирования только потому может привести к изменению *понятия*, что он в то же самое время всегда уже есть и процесс экспериментирования над *понятием*, процесс мысленного экспериментирования.

Даже там, где это критикующее, опровергаемое, изменяемое в эксперименте понятие, по-видимому, отсутствует, необходимо «изобрести», извлечь его из предшествующего знания в качестве предмета экспериментально-теоретической критики. Так, например, предпосылкой античного теоретизирования была деятельность ранних философов, переработавших категории мифа в категории натурфилософии и превративших тем самым мир мифа в мир возможного научного опыта (наблюдения) и теоретического отношения (опровержения, доказательства, критики).

В «Диалогах» и «Беседах» Галилея видно, сколько труда тратит Сальвиати, чтобы найти теоретические предпосылки в том, что для Симплицио имеет статус фактической очевидности, чтобы реконструировать, далее, основы перипатетической физики в качестве варианта теоретической механики, чтобы привести, таким образом, аристотелевскую физику в форму, сопоставимую с новой механикой и могущую быть предметом теоретической критики.

Мы говорили, что практический опыт и эмпирическое наблюдение становятся формами научного эксперимента, когда им предпосылается идеальный (с теоретической точки зрения) образ искомого, иными словами, когда формируется идеализованный объект, определяющий, в каких условиях (реально, быть может, недостижимых) эмпирические результаты опыта будут иметь теоретическое значение¹⁸. Как же конструировать этот идеальный «образ», предвещающий исследование самого «образа»? Чем определяется «теоретическая точка зрения»?

Ученый занимается различными вещами и явлениями природы прежде всего потому и затем, что хочет в них найти всеобщее. В опыте он занимается, вообще говоря, единичным и случайным фактом так, чтобы увидеть его действительную форму (свободную от случайностей) и необходимое место в рамках целого. Мы ставим опыты с деревянными весами, свинцовыми шариками, заряженными листочками, химически определенными газами, но хотим увидеть в них действие законов равновесия, ускорения, электростатического взаимодействия, термодинамики газов *вообще*, — действие, которое принципиально невозможно увидеть «в чистом виде». Это единое, целое, всеобщее, которое как таковое не может быть непосредственным предметом никакого реального опыта, тем не менее и является важнейшей целью исследовательского эксперимента.

Идеализованный объект, составляющий мысленную сторону реального предмета опыта, вместе с тем является предметной, наглядной стороной теоретического понятия. Мысленный эксперимент с идеализованным объектом в идеальных условиях, в которых мысленно продолжается эксперимент с чувственно-даным

предметом, есть поэтому также и предметное исследование теоретического понятия. Действуя мысленно с идеально твердыми телами, идеально гладкими поверхностями, идеально точечными зарядами, идеальными газами, в идеальной пустоте, экспериментатор опять-таки ищет единые, всеобщие определения этого мира идеализованных объектов: основные принципы, элементарные формы, фундаментальные законы. Поскольку эти принципы (например, принцип инерции в классической механике) получены в результате мысленного эксперимента, т. е. воспроизведены в виде идеализованного события (движение идеально круглого и твердого шарика по бесконечной идеально гладкой плоскости), они сами не только получают как бы предметную наглядность, но и выступают в качестве принципа, теоретически объясняющего реальные события. До сих пор мы имеем дело с экспериментом и его мысленным продолжением, в котором теоретическое мышление осуществляется как форма мысленно-экспериментальной деятельности. Однако, после того как выделены основные положения, возникает особый круг проблем, связанных с развертыванием теоретической системы, основанной на этих принципах. Это проблемы самообоснованности, непротиворечивости, аналитической формулировки, языка, логической структуры и т. п. В решении этих проблем теория испытывает себя на общность и соответствие своему теоретическому идеалу. Критерия теоретической системности — математические и формально-логические — оказываются здесь определяющими. Это — сфера, в которой принципы логического доказательства преобладают над принципами экспериментального «показательства». Факт, противоречащий такой системе, будет долгое время игнорироваться в надежде на то, что противоречие окажется мнимым. Более того, внутренняя основательность теории делает ее формой здравого смысла в науке и как бы естественной манерой видеть вещи.

Однако, чем более углубляется в себя теоретическая мысль, чем более расширяет она границы своей общности, чем более строгой она становится, чем адекватнее она, казалось бы, воспроизводит свой предмет, тем ближе подходит она к радикальнейшему экспериментированию, тем отчетливее начинает она отличать себя в качестве мысли от превышающего ее в своей содержательности предмета. Расширяя сферу своей применимости, теория отчетливо очерчивает область противоречащих ей фактов, которые раньше затерялись бы в скопления фактического материала. Попытка свести воедино основоположения заставляет увидеть пределы тех идеализаций, в которых были сформулированы фундаментальные понятия (например, сила, масса, абсолютное пространство). Анализ самого теоретического идеала, согласно которому строилась экспериментальная схема, обрабатывались (интерпретировались) результаты эксперимента и формировались понятия, приводит к выяснению его внутренних границ, к открытию, следовательно, возможности радикально иной идеи познания.

Как правило, этот момент «идейного» преобразования не включается в анализ формирования теоретического понятия, а это сильно сужает проблему эксперимента. Кажется, что понятие, схематизированное в идеальном образе, есть все, что объективно можно сказать о предмете. Все остальные характеристики предмета случайны или субъективны, они относятся не к самой сути дела, а к условиям и обстоятельствам. Но это только одна сторона дела, которую и выделить-то в реальной научной деятельности можно лишь условно. Однако в истории науки можно указать периоды и целые эпохи (в особенности это относится к древности), когда господствует именно это движение мысли: идеализованный объект есть идеальный предмет, предмет, взятый в объективно истинном виде, в форме, свободной от случайных для предмета привнесений эмпирического окружения. Процесс теоретического размышления устремлен к завершению в истинном созерцании, иначе говоря, в созерцании истинного предмета.

Самостоятельная экспериментальная деятельность выступает на первый план и занимает положение, равноправное с теоретическим мышлением, там, где отчетливо обнаруживается противоположное движение, и теоретическое мышление само отличает себя (в качестве абстрагирующего, идеализирующего) от содержательного, конкретного, чувственного предмета, с которым ученый снова и снова вступает в контакт в эксперименте. Если в первом движении идея истины, в свете которой теоретически постигся предмет, представляется по сути своей идеей полноты, цельности, актуальности, а исходный чувственный предмет кажется единичным и случайным, то в противоположении научной мысли исходным предметом сомнения и критики выступает именно идея познания. Теоретическое мышление обнаруживает свою условность в том, что находит в своем содержательном идеале, вообще говоря, искусственные (случайные для исследуемого предмета) ограничения (условия идеализации), неправомочные при ближайшем рассмотрении постулаты, непродуманные (субъективно выбранные) предпосылки. Теоретик находит, что идеал, в свете которого строилась вся его познавательная работа, исторически ограничен и может быть в целом подвергнут пересмотру.

Наука Нового времени потому в действительности является по сравнению с древней научкой существом экспериментальной, что она явным образом включает в свое познавательное отношение принцип фундаментальной самокритики, т. е. требование критики тех основоположений, которые формируют идеал познания и задают условия предметной идеализации. Именно поэтому феномен предмета в его чувственно-природной противоположности идеальному объекту (предмету теоретического анализа) не исчезает из поля зрения теоретика и служит как бы постоянным моментом мог любой теоретической истины. Когда теоретическое мышление строится с внутренним сознанием

дием и предметом, которое характерно для экспериментальной практики; *во-вторых*, в каких особых категориях в рамках философско-теоретического мышления эпохи ставится и решается вопрос о его предметной истинности, т. е., что в нем исполняет интеллектуальную роль экспериментальной установки; *в-третьих*, каким образом существует и осознается конкретная и радикальная проблема эксперимента — проблема взаимоперехода идеальных и предметных определений. В результате можно наметить определяющие черты того, что мы будем называть *экспериментальной ситуацией* эпохи.

1. В теоретико-познавательной практике целью является предмет, который должен быть познан, т. е. преобразован, превращен, извлечен из своей естественно-наличной формы, в которой он как раз неизвестен. Но преобразован так, чтобы не стать «средством» для другого, а впервые оказаться «самим собой». В познающей деятельности естественный предмет должен приобрести некую искусственную форму (форму возможного знания), но при этом такую, которая лишена непосредственно практической целесообразности и представляет собой поэтому форму как бы природно-подобного существования.

Таким образом, для познания важны те ситуации, события и процессы, в которых «естественное» происходит с функциональной определенностью «искусственного» или же, наоборот, «искусственное» осуществляется так, что не переходит в некое «действие с целью...», а разворачивается, «подражая природе», т. е. самоцельно. Важны, следовательно, точки взаимоперехода «естественного» и «искусственного».

Вот почему, как мы увидим в разделе, посвященном античной науке, столь важен для нашей темы анализ *эстетической формы*. Здесь форма как раз выражает предмет в нем самом. Вот почему в возникновении экспериментальных наук Нового времени важную роль сыграло и распространение в эпоху Возрождения механических и математических «игр», «курьезов», «фокусов», «загадок». В самом деле, с точки зрения ремесленника «труд» экспериментатора представляется не более чем игрой. Например, при исследовании законов равновесия или движения рычагами действуют не для того, чтобы перемещать тяжести, весами пользуются не для того, чтобы определять вес, снаряды выпускают не для того, чтобы поразить цель, и т. д. Но это равновесие и взаимопревращение естественного и искусственного и создает возможность эксперимента. Оно определяется тем, как задается форма предмета «самого по себе», т. е. как *изолируется* предмет возможного теоретического познания. В эпоху античности мы называем этот способ «естественной изоляцией», в эпоху средневековья — «единообразия ради» — «сверхъестественной изоляцией», в эпоху Нового времени — «искусственной изоляцией».

2. Возьмем теперь противоположный полюс, границу между экспериментирующим теоретизированием и теоретическим мыш-

лением в рамках развернутой системы (см. стр. 10 и 16). Прежде всего мы находим здесь обширную сферу мысленного эксперимента, благодаря которому результаты реальных экспериментов могут приобрести теоретическое значение, а теоретические принципы — предметную наглядность. Любой теоретически продуктивный эксперимент разворачивается одновременно в вещах и в мыслях¹⁹. Подобно тому как логическое доказательство сопровождается мысленным преобразованием предмета доказательства и поэтому всегда уже является также и мысленным экспериментом²⁰, реальный эксперимент сопровождается идеальной демонстрацией и, стало быть, всегда является также и доказательством²¹.

Для исторического анализа принципов экспериментального отношения теоретика к предмету важнейшим является то, каким образом в мышлении устанавливается форма тождества понятия и предмета, форма их соответствия, адекватности друг другу, — такая предметная форма, которая предполагается понятийной уже в созерцании (мысленном), и такая схематизация понятия, в которой оно представляется непосредственно предметным (созерцаемым). Это заставляет сосредоточить внимание на фундаментальной философской проблематике. В результате определяется сущностная форма отношения теоретического мышления в целом к своему предмету. В эпоху античности мы называем эту форму «теоретическим наблюдением», в эпоху средневековья — «теоретическим истолкованием», в эпоху Нового времени — «теоретическим исследованием».

3. Узловым моментом всех принципиальных проблем, связанных с формой и самим содержанием экспериментальной деятельности определенной эпохи, является *противоречие* между понятийной формой предмета и формой предметности понятия. Неидеализируемый предмет не познается, понятие, никак не соотносимое с предметностью, пусто²². Вместе с тем идеализированные определения предмета «бесконечно» отличаются от его предметных определений. Возникающие здесь парадоксы — как показывают размышления Зенона, Аристотеля, Галлея, Кавальери или Лейбница, — суть парадоксы бесконечного. Наоборот, схематизированное («экземплифицированное») понятие нагружается наглядностью, которая вводит как бы собственную «логику» в теоретическую логику понятий²³. Можно было бы отнестись совокупность первых проблем к математике, совокупность вторых — к логике, если бы не существовало такой проблемы, которая, вопервых, представляет собой предтождество физической теории и решение которой, во-вторых, предполагает решение описанных проблемных ситуаций, — это *проблема движения*.

Особая форма предметно-понятийного противоречия и сопряженная ей форма фундаментального теоретико-физического принципа составляют сущностное содержание соответствующей экспериментально-теоретической проблемы. В эпоху антич-

ности речь может идти об апориях типа зеноновских и, условно говоря, о «принципе инерции покоя»²⁴. В эпоху средневековья нет достаточно определенной формулировки ни того, ни другого. Мы лишь приблизительно можем говорить об антистетической²⁵, апофатической или герменевтической форме противоречия и о «принципе инерции недостижимого покоя». В эпоху Нового времени речь — с достаточной строгостью — может идти об антиномической форме связи физического и математического, динамического и кинематического аспектов и о «принципе инерции прямолинейного равномерного движения».

★

Границы и уловые проблемы, выделенные нами в контексте научно-теоретической деятельности, вообще обрисовывают определенную *экспериментальную ситуацию*. Характер этой ситуации определяет, какие формы примет экспериментальная деятельность, какое место она займет в теоретическом мышлении, какое действие будет оказывать на способ развертывания отдельных наук.

Анализ экспериментальной деятельности на этом уровне и в таком контексте открывает в ней стороны, которые часто ускользают от внимания теоретиков научного познания, ориентирующихся главным образом на форму эксперимента в науках Нового времени. Между тем аспект чувственно-предметного экспериментирования, доминирующий в современной науке, заслуживает другие аспекты, не менее существенные и в настоящее время все определеннее дающие о себе знать.

Напротив, в эпоху античности или средневековья на первый план выступали иные стороны эксперимента, ослаблявшие или вовсе сводившие на нет значение предметно-исследовательского эксперимента. Экспериментирование, т. е. способ формировать теоретический предмет из нетеоретического материала, способ раскрывать понятийные (теоретически-мыслимые) стороны этого предмета и способ восстанавливать проблему предмета в его отличии от понятийных форм, в древности принимало скорее форму преобразования *субъекта* (способа видеть, мысленно воспроизводить, распознавать, интерпретировать, истолковывать всегда уже присутствующую истину): предмет раскрывается в истине, поскольку теоретик научается истинно (умно) видеть, слышать, воспринимать, улавливать смысл. В античности господствующим моментом является «сублимация зрения». Экспериментирование развертывается как переход от простого зрительного обособления предмета, его распознавания, к усмотрению (припоминанию) его подлинного первообраза, «эйдоса». Поскольку именно наблюдение с начала и до конца («теория» — созерцание) остается единой формой теоретического отношения к предмету, мы и называем этот эксперимент «теоретическим наблюдением».

Для средневекового мышления характерно «герменевтическое» отношение не только к текстам, в которые погружена средневековая культура, но и к самим вещам. Истолкование текста, эксперимент со словом становится всеобщей моделью мысленно-экспериментальной деятельности. Поэтому мы называем эту форму «теоретическим истолкованием».

И в античном и в средневековом экспериментировании присутствуют все три различных нами стороны экспериментальной деятельности: идеально-индивидуализирующая, мысленно-истолковывающая и предметно-исследовательская. Но в рамках определенной формы теоретического мышления одна из них доминирует. Так, в современной науке предметно-исследовательская деятельность в эксперименте почти целиком заслонила моменты исходного формообразования и смыслового истолкования. Эти моменты, конечно, присутствуют и активно участвуют в научном мышлении, не остаются погруженными в аморфную стихию «творческого процесса» вообще.

Задача предлагаемого исторического исследования помочь углубить и конкретизировать понимание такого фундаментального звена научно-технического творчества, каким является эксперимент.

ПРОБЛЕМА ЭКСПЕРИМЕНТА
В АНТИЧНОЙ НАУКЕНаучно-теоретическое мышление античности
и вопрос об эксперименте

Обращаясь к древности, к эпохе классической Греции или к средневековью, даже занимаясь такой относительно близкой эпохой, как Возрождение, историк науки сталкивается всегда с одной проблемой. Если мы придаем какой-либо смысл тому привычному для нас мнению, что теоретическое естествознание — механика, физика, химия и т. д. — зародилось где-то на рубеже XVI—XVII вв., если это стало для нас чуть ли не очевидным фактом, то, собственно говоря, историю чего собираемся мы писать, обращаясь к античности, древнему Востоку или средневековью?

Проблема встает особенно остро, если предметом исторического исследования избирается эксперимент, издавна признанный душой и сущностью подлинной науки. И в истории науки традиционен взгляд, согласно которому начало науки Нового времени (и не науки ли вообще?) отмечено именно внедрением экспериментального исследования в процесс познания природы и утверждением опыта в качестве критерия научной истины¹.

Как же в таком случае относиться к античной науке? Можно ли вообще называть ее наукой, если в ней отсутствует важнейший момент, впервые превращающий размышления о природе в науку? Или же, напротив, высокий уровень теоретического самосознания, которым отличается греческое мышление классической эпохи, должен навести нас на мысль, что проблема эксперимента была в нем некоторым образом поставлена и решена, но что этот «образ» отличается от того, который свойствен современной науке?

В этой главе мы ставим в качестве основной задачи решение именно этой проблемы: в каком смысле ли можем говорить об античном эксперименте, каким образом логика античного мышления могла быть связана с теми простыми наблюдениями, измерениями, демонстрациями и опытами, которые можно найти в текстах древних философов и ученых, медиков и механиков, астрономов и архитекторов, в чем предметный смысл фундаментальных понятий основных теоретических систем античности.

Поскольку сама тема эксперимента — его внутреннего строения и связи с формой теоретического мышления — остается в значительной мере неразработанной, историки науки решают поставленную здесь проблему на свой страх и риск и при этом обнаруживаются вся ее двусмысленность и неопределенность². Исследователи, для которых античная наука это прежде всего математика, такие, как О. Тэллипц, О. Нейтебауер, К. Райдемайстер, О. Беккер и др.³, решительно отвергают мысль, будто опыты пифагорейцев, сенографию Демокрита или астрономические наблюдения можно считать экспериментальными⁴. Наоборот, Э. Франк в своем известном труде о пифагорейцах пишет: «Требуемые формулой и наперед рассчитанные математические значения были затем показаны пифагорейцами как фактически наличные в природе посредством точных измерений, т. е. посредством эксперимента, одним словом, был найден метод и предмет современной математической физики»⁵. Это, разумеется, явное преувеличение. Против такого понимания выступил Б. Л. Ван дер Варден. В книге «Пробуждающаяся наука» он пишет: «Эта характерная черта — более доверять теоретическим рассуждениям, чем опыту, — вполне гармонирует со всей сущностью пифагорейства... Совершенно неправильно делать из пифагорейцев экспериментирующих естествоиспытателей в современном смысле слова, как это делает Франк»⁶.

Во всех этих спорах само истолкование эксперимента насколько не ставилось под сомнение, и мало кто пытался эксплицировать его, чтобы поставить вопрос конкретнее. С. Самбурский в книге «Физический мир древних греков» на первых страницах отрицает наличие эксперимента в греческой науке⁷. Однако в последней главе, посвященной анализу ее внутренних границ, он подробно разбирает, какие приемы экспериментирующего мышления не могли быть развиты в рамках античного подхода к познанию природы.

Самбурский прежде всего выделяет три важнейших условия, при которых любое наблюдение или опыт приобретают теоретический смысл. Первое необходимое требование состоит в том, чтобы испытуемый объект был воспроизводим в процессе исследования, чтобы наблюдаемые явления, изменения, превращения могли быть отнесены к одному, тождественному себе индивиду, о котором и можно было бы высказать получаемое в опыте знание. Вторым необходимым условием является воспроизводимость самого опыта. И, наконец, третьим — возможность произвольно менять условия при одновременном фиксировании изменяющегося поведения объекта.

Самбурский замечает, что астрономические явления по своей идеальной наблюдаемости и регулярности удовлетворяют первым двум условиям, почему и оказываются как бы естественной лабораторией, экспериментом, поставленным самой природой. Именно поэтому астрономия по преимуществу и является «сферой ста-

новления научной мысли и на протяжении веков служила как бы линией передачи естественнаучных теорий от одной эпохи к другой.

Астрономии и космологии Самбурский противопоставляет земную физику, в которой не могут быть воспроизведены идеальные условия наблюдений, а потому в земной физике теоретическое познание наталкивается на непреодолимые трудности. Прежде всего здесь отсутствует возможность изолировать предмет исследования в чистом виде, тем более что всякая искусственная изоляция считается искажающей естественную картину. Поэтому «за очень небольшим исключением», — считает Самбурский, — древняя Греция на протяжении восьми столетий не делала попыток систематического экспериментирования»⁸.

Поскольку для античного физика единственно значимым было естественное течение событий, и воспроизведение события в неких искусственных условиях воспринималось бы как сугубо едичный факт, имеющий лишь косвенное отношение к «природе» предмета, эксперимент в современном смысле слова был бы просто лишен смысла. «Зная только естественное, а не искусственное повторение, — пишет Самбурский о греческих ученых, — они были неспособны оценить преимущество последних в формировании и изучении понятия причинности. Воспроизводя эксперимент, мы можем изменить начальные условия и исследовать действие этого изменения на результат, углубляя, таким образом, наше понимание причинности... Эти два процесса, — заключает историк, — разделение природы при изолировании феноменов и воспроизведение изменений их хода в выбранном направлении — чрезвычайно ускорили наше понимание природы»⁹.

Поэтому начало экспериментальных исследований, по смыслу своему приближающихся к эксперименту Нового времени, Самбурский усматривает только в позднелизингистический период и связывает это с развитием баллистики и военной инженерии. «В этом случае, — пишет он, — была практическая необходимость изучения связи между функционированием машины и размерами и формой отдельных ее частей. Поэтому более систематическое изучение технических проблем занимает место случайных поисков. Развитие начинается с Архимеда»¹⁰.

Резюмируя общую концепцию Самбурского, отметим основную черту, которая должна отличать сущность экспериментирующей науки Нового времени от подхода греческих ученых эпохи классической античности. В специфике физического эксперимента науки Нового времени Самбурский усматривает — и в этом с ним нельзя не согласиться — такой подход к природе, когда интересуются прежде всего не тем, как *действует* природа, а тем, как она *может действовать*, ее внутренними потенциями. «Мы имеем здесь экстраполяцию от актуальных к потенциальным явлениям. Последние становятся актуальными только в лаборатории. В этом смысле мы можем назвать эксперимент не-

естественным»¹¹. Грекам, разумеется, показалось бы парадоксальным, если бы кто-нибудь решил изучать естественное неестественными методами.

Нам, кажется, стало уже достаточно ясным, что проблема эксперимента в античной науке или, точнее говоря, проблема отношения античной теоретической мысли к предметному исследованию заставлял пересмотреть само понятие эксперимента.

Кроме того, проблема эксперимента в античной науке осложнена тем, что здесь мы имеем дело не с развитым навыком научного познания, а с ситуацией выработки и как бы изобретения специфически научной точки зрения. Соответственно и научный эксперимент не существует здесь ни как положительный метод, ни как простая совокупность наблюдений. Лишь вместе с уяснением самого замысла научного познания точнее определяются и условия, превращающие практический опыт в теоретическое наблюдение и эксперимент.

Экспериментальное наблюдение требует умения видеть существенное — существенное с точки зрения определенного научного теоретического замысла: ведь в нем и определяется, что значит существенное. Научное наблюдение как бы предвидит предмет и только потому может увидеть в реальном предмете черты, существенные для понимания. Ученый предвзрает исследование, формируя в уме образ искомого, схематический предмет. Поэтому, даже если мы и не всегда сможем найти упоминания о действительно произведенных экспериментах, мы все-таки сможем определить принципиальную структуру эксперимента, если обратим внимание на методы формирования или предвещающего построения предмета познания. Вместе с тем это будет именно той точкой, в которой эксперимент связан с теоретической системой.

Рассматривая с этой точки зрения античную науку, в том числе логику и математику, можно обнаружить вполне определенные признаки совершенно своеобразного способа рассмотрения вещей с теоретической целью. Специфику такого рассмотрения мы и будем понимать как специфику античного эксперимента. При этом, как нам кажется, удастся показать античный эксперимент как нечто единое, а не как простой набор отдельных наблюдений.

Прежде всего следует начать с критического уточнения того тезиса, что для земных условий у греческих наблюдателей отсутствовали возможности известного изолирования объекта изучения.

Уже самое простое и доначное выделение отдельных вещей и предметов из хаоса чувственных впечатлений составляет условие любого человеческого мира как такового. Но для античного мышления проблема такой «естественной» изоляции особенного характера. Достаточно беглого взгляда на основные трудности, над которыми бьется античная мысль, чтобы обнаружить,

что это именно проблема фиксирования движущегося, оформление и определение хаотически неопределенного, выделение устойчивых форм в неуловимой текучести чувственного мира¹².

Следовательно, у греков были возможности и определенные способы изолировать предмет, представить его в чистой форме, найти его подлинный вид.

Нельзя не согласиться, что основным объектом, наблюдение которого удовлетворяло условиям теоретичности, было движение небесных тел. Но вместе с тем, как нам представляется, и в земных условиях имелась сфера, в которой формировалась как бы предваряющая эксперимент способность наблюдения.

Самбурский, характеризуя то, что отличает собственно экспериментальную ситуацию от произвольного наблюдения, пользуется словом «искусственность» (*artificiality*), но английский слово *artificiality* — ремесло, искусство — есть точный перевод греческого слова τέχνη, которым в античности называли любое человеческое мастерство, будет ли это простое ремесло, собственно художественное искусство или, скажем, искусство риторики. Здесь же Самбурский определяет следующую характерную черту эксперимента — выделение феномена в чистой форме, в чистом виде. В дальнейшем мы покажем, что именно понятие формы и подлинного, идеального вида предмета (*εἶδος*) тождественно для античного мышления с самим понятием вещи.

*

Именно потому мы и можем начать принципиальное рассмотрение проблемы эксперимента с эпохи классической античности, что здесь элементарный эмпиризм, не имеющий в себе никаких специфически конструктивных особенностей, перерабатывается в такой способ рассмотрения вещей, который понятен теоретическому мышлению и который ставит проблему на уровень, где она оказывается сравнимой с аналогичной проблемой, стоявшей, например, в XVII в. перед Галилеем.

Итак, мы возвращаемся к основному вопросу, а именно, как же и в какой сфере мог формироваться теоретически-испытующий подход греческого ученого к природе? Как и посредством чего превращал он форму практически-предметного опыта в форму теоретического созерцания?

Внутреннее взаимоотношение ремесленной практики, искусства (как особой формы ремесла), науки (знания основ и начал) и теоретического созерцания, как очевидно, имеет первостепенное значение для решения проблемы эксперимента. Согласно традиционному взгляду, который неоднократно формулирует, например, Аристотель, всякое знание начинается с непосредственного опыта, приобретаемого в каком-нибудь деле. С помощью памяти у некоторых возникает известное понимание, сопряженное с этой опытностью, а «из опыта или из всего общего, сохраняющегося в душе, т. е. из чего-то, помимо многого, что содержится как

тождественное во всех вещах, — берут свое начало навыки и наука»¹³. Вместе с тем знание, углубляющееся до теоретических предметов, знание начал и основ в каком-то смысле противостоит опыту и знанию.

Оно противопоставляется «техническому» опыту двояко: 1) как знание о природе (в противоположность навыку, знающему лишь частные стороны предмета) и 2) как теоретическое знание о неизменном (в противоположность практическому знанию о том, что возникает и разрушается)¹⁴. Такое противодействие двух полюсов научного мышления определяет условия эксперимента в рамках античного мышления: знание, полученное в ремесленном опыте, в непосредственном наблюдении (или же сведения, заимствованные из восточной практической учености, — а они и составляли основной «табличный материал» античной науки¹⁵), — знание-навык должно быть преобразовано (как? посредством чего?) в знание-науку, в знание-теорию. Каким же образом могло совершаться такое преобразование?

«Пожалуй, как глаза наши устремлены к астрономии, так уши к движению стройных созвучий, — читаем мы у Платона, — эти две науки — словно родные сестры...»¹⁶. Это высказывание Платона вводит нас в самый центр проблемы. Мы уже выяснили, что сфера небесных движений как естественно-экспериментальная ситуация — наилучший объект для выработки определенных канонов теоретического мышления. Но обратим внимание на вторую «науку», о которой говорит здесь Платон. Вторая обширная область, в которой греки черпали способы научного конструирования, это искусство, прежде всего музыка (один из основных предметов пифагорейской мысли) и — следует добавить — пластические искусства (архитектура, скульптура). Привлечь во внимание и продумав то обстоятельство, что музыка и пластика были для античной мысли не только формами отдельных искусств-ремесел, но также и той предметной сферой, в которой формировался навык собственно теоретического отношения к предмету, т. е. умение переходить (восходить) от непосредственно-чувственного наблюдения индивидуального к мысленному созерцанию идеальной формы, лежащей в основе этой индивидуальности, только усвоив эту характерную особенность греческой эстетики (интеллектуальность), мы сможем понять своеобразную форму греческого ума (эстетизм) и специфику присущего ему способа экспериментировать (теоретически наблюдать).

Отмечая глубочайшее взаимопроникновение эстетических и собственно интеллектуальных определений в греческом мышлении, крупнейший советский исследователь античной культуры А. Ф. Лосев так характеризует теоретический образ космоса, сложившийся в эпоху высокой классики: «Античный космос представляет собой пластически слепленное целое, как бы некую большую фигуру или статую или даже точнейшим образом настроенный и издающий определенный рода звуки инструмент»¹⁷.

Для эстетического характера античного мышления существенно, что понимание предмета отождествляется с его «правильным» видением или слышанием, т. е. как бы максимально четким и отчетливым обособлением предмета из «фона», различием, распознаванием его среди других. Предмет, впервые различенный в качестве самого себя среди других предметов и среди своих ложных видимостьей, — разве такой предмет уже самим своим бытием не изолируется, оставаясь естественным, не вырванным из природы предметом? Дело теоретика — лишь суметь распознать его в этом его естественном изолированном бытии, суметь правильно увидеть его, не спутать с его случайными и изменчивыми обликами. По сути дела «идеи», или «эйдосы», Платона не означают поначалу ничего иного, кроме такой инвариантной индивидуальной формы, при которой предмет может быть и может познаваться в качестве неизменного «подлежащего» всех своих обликов.

Поскольку, таким образом, принцип идеальной формы оказывался в одно и то же время принципом красоты, познания и бытия, сфера искусств и могла стать предметной основой для развития специфического искусства теоретически мыслить.

Мы привыкли к психологически-поэтическому отношению к красоте, воспитанному в нас искусством Нового времени. Но для классической Греции само понятие красоты было иным. В диалоге «Филеб», например, Платон говорит: «Под красотой очертающий я пытаюсь теперь понимать не то, что хочет понимать под ней большинство, то есть красоту живых существ или картин; нет, я имею в виду прямое и круглое, в том числе, значит, поверхности и тела, рождающиеся под токарным резцом и построенные с помощью линейек и угломеров...»¹⁸. Красота определяется как красота геометрической формы. Геометрически же предельная отчетливая формы дает критерий индивидуальной изолированности предмета и его достоверного распознавания. Вот почему в эпоху классической античности эстетическое и теоретическое определения предмета становятся чем-то принципиально однородным, почти сливающимися. И вот почему наблюдение способно перерасти при соответствующей установке в понимание, в мысль, не переставая быть видением, созерцанием.

Во всяком случае, уже до всякого специально теоретического отношения к миру и предметам они оказываются не пустым материалом «естественных» ощущений, но всесторонне оформленными предметами глубоко идеализированной способности различать¹⁹. Первоначальными теоретиками в эпоху классической античности были эстетически образованные слух и зрение. И именно сфера искусств является посредствующим звеном между ремесленной практикой и теоретическим мышлением, поскольку произведение искусства не просто сделано по определенным законам, но оно является как бы воплощением самого закона (формы).

Именно здесь формировалось искусство, в котором наблюдение, оставаясь созерцанием, становится пониманием, мыслью, — «искусство обращения — каким образом всего легче и действительной можно обратить человека: это вовсе не значит вложить в него способность видеть — она у него уже имеется, но неверно направлена, и он смотрит не туда, куда надо»²⁰, т. е. искусство *умно наблюдать*.

Таким образом, ведущей идеей нашего анализа античной формы экспериментирования будет представление о процессе понимания как о движении к мысленному созерцанию (θεωρία) той идеальной формы, которая определяет истинное направление (правильность) чувственного восприятия. Мы проследим, какие формы принимает эта идея у пифагорейцев, как она осознает себя в теоретическом идеале Платона и какие изменения претерпевает она в рамках аристотелизма и эллинистической науки.

Идея эксперимента в пифагорейской науке

Среди ранних эллинских натурфилософов, собственно говоря, только у пифагорейцев можно найти некоторые идеи и операции, которые могут привлечь наше специальное внимание. И здесь, впрочем, речь может идти не о самом Пифагоре, а только об общем учении, каким оно впервые появилось на арене греческого мышления в первой половине V в. до н. э. благодаря Гиппасу, осмелившемуся сообщить его другим. Основной же формой древнего пифагорейского учения мы считаем то, которое распространилось после гонений на пифагорейский союз (440 г. до н. э.) в трудах Еврита, Филолая, Гиппократы Хиосского, Феодора, Тетаста и др. С Платоном, его сподвижниками и учениками (Архит, Евдокс) связан заключительный этап этого учения и постепенное вытеснение его механическим воззрением.

От Аристотеля установилась прочная традиция рассматривать пифагорейцев по преимуществу как математиков, которые постигали математические элементы началом всех вещей²¹. Такая точка зрения, хотя и являющаяся, однако требует более внимательного отношения и известного пересмотра, поскольку не позволяет понять основную конструктивную идею пифагорейцев.

Основным постулатом пифагорейцев, как известно, является утверждение о том, что все есть число²². Если же теперь спросить, что же такое число, то окажется, что число в свою очередь есть тело²³. Получается замкнутый круг, свидетельствующий о том, что мы поняли пифагорейский принцип поверхностно. Как мы должны понимать желание пифагорейцев изображать числа геометрическими фигурами? Почему единица не является для них числом? Почему столь фундаментальную роль играет для них противоположность чета и нечета? Почему пропорциональные отношения непосредственно сопоставляются с отношением элемен-

тов-стихий, правильных многогранников, звучания музыкальных инструментов и движений небесных тел?

Ни на один из этих вопросов мы не сможем ответить, если только будем рассматривать пифагорейское учение как главу из арифметики, а их общее физическое и космологическое учение брать вне связи с их учением о числах.

Нам кажется, что можно гораздо точнее ухватить суть пифагорейского числа, если рассматривать его как конструктивный принцип понимания, принцип того правильного видения и правильного охватывания предмета, который мы считаем основным в развитии античной науки.

Что число для пифагорейцев есть принцип познания, можно продемонстрировать многочисленными цитатами. Пифагорейцы V в. до н. э. Филолаю приписывают, например, следующие тезисы:

«Все имеет число. Ибо без последнего невозможно ничего познать, ни познать»²⁴.

«Природа числа есть то, что дает познание, направляет и научает каждого относительно всего, что для него сомнительно и неизвестно. В самом деле, если бы не было числа и его сущности, то ни для кого не было бы ничего ясного ни в вещах самих по себе, ни в их отношении друг к другу... Оно «число», прилагая все вещи к ощущению в душе, делает их «таким образом» познаваемыми и соответствующими друг другу по природе гномина, сообща им телесность и разделяя, полагая отдельно понятие о вещах беспредельных и ограничивающих»²⁵.

Здесь явным образом число понимается как принцип правильного, понимающего видения. Число как бы артикулирует мир, делает его членораздельным (логичным), отчетливо различимым.

Вещь в подобном мире, как мы уже говорили, оказывается познаваемой уже потому, что благодаря присущему ей числу (форме) ее можно распознать среди других. Можно, стало быть, сказать, что число наделяет вещь не только смыслом (особым местом в космосе), но и индивидуальным «телом» (сущностной формой). Так, для Филолая число возникает во взаимодействии предела и беспредельного. «Предел и беспредельное вместе создают число»²⁶. Число, таким образом, оказывается принципом определения, ограничения, формирования индивиду и, следовательно, порождения чего-то познаваемого из беспредельного, безграничного, аморфного и текучего. «Беспредельное нельзя охватить и познать»²⁷, ибо всякое познание должно отличать познаваемый предмет от всякого другого и тем самым его ограничить, определить. Вот этот-то синтез беспредельного и предела, впервые разграничивающий предметы и делающих их ясно отличимыми, и есть число. «Пифагорейцы, — пишет А. Ф. Лосев, — мыслили свои числа структурно, фигурно... Тем самым в их числах есть нечто геометрическое. Однако пифагорейцы отличали геометрические

числа от геометрических фигур»²⁸. «Число есть то, — пишет А. Ф. Лосев в другом месте, — что дает возможность отличать одну вещь от другой, а следовательно, и отождествлять, противопоставлять, сравнивать, объединять и разъединять и вообще конструировать вещи не только в бытии, но и в мышлении»²⁹.

О чем здесь идет речь? О том, благодаря чему вещи существуют, или о строго научном принципе идеализации объекта исследования, т. е. выяснения неких всеобщих принципов теоретического отношения к миру? Но вся специфика античного теоретического мышления и вся целостность понимания его с точки зрения современной научной культуры как раз и состоит в том, что эти два начала — основание бытия и основание познания — совпадают. Поэтому-то здесь и не может быть речи об искусственно-изолирующем теоретическом наблюдении. Познающая индивидуализация в пределе тождественна естественной индивидуализации. Вот почему основные конструктивные принципы античной науки — число, предел, атом, эйдос, форма — всегда суть и онтологические принципы. Вот почему эксперимент не может иметь здесь иной формы, чем форму наблюдения, перестраивающегося в теоретическое созерцание. И вот почему так ненадежны и непоказательны те пифагорейские «эксперименты», о которых дошли до нас смутные слухи. Хотя некие испытания в этом роде и могли иметь место, будет вернее думать, что это — наглядные демонстрации, придуманные значительно позже³⁰.

Обратим далее внимание на отрывок из «Гармоники» крупного пифагорейского математика и стереометра Архита, о котором речь еще впереди. Этот отрывок передан неоплатоником III в. н. э. Порфирием. «По моему мнению, — говорит Архит, — математики прекрасно установили точное познание и «поэтому» вполне естественно, что они правильно мыслят о каждой вещи, какова она в своих свойствах»³¹. Ведь, установив прекрасно точное познание о природе Вселенной, они должны были прекрасно усмотреть и относительно частных вещей, каковы они в своих свойствах. И, действительно, они передали нам ясное познание о скорости («движения») звезд, об их восхождениях и захождениях, а также о геометрии, о числах, о сфере и в особенности о музыке. Но, как кажется, эти науки родственны. Дело в том, что они занимаются двумя родственными первообразами сущего («именно числом и величиной» Дильс)³². Теперь ясно, почему для пифагорейцев число оказывалось сущностью каждой вещи. Оно есть существенное условие теоретического наблюдения. Безусловно, трудность для анализа является здесь известная синкретичность и слитность в одном принципе разных и для современного мышления совершенно неравнозначных моментов. Нельзя сказать, что пифагорейское число было только принципом мысленного конструирования объекта. Здесь объединилась и общегносеологическая рефлексия, определявшая число как принцип познания, и универсально-философская рефлексия принципа идеальной

формы как основы бытия и теоретического познания, и непосредственные конкретные результаты измерений, арифметические и геометрические закономерности, и эстетический опыт. Именно такое неразслащенное переплетение разных интеллектуальных мотивов составляет характерную особенность не только пифагорейского учения, но и античного мышления вообще. Наша задача, таким образом, усложняется, поскольку необходимо вычлениить интересующую нас тему своеобразного экспериментирования в античной науке. Но, с другой стороны, именно разбор античной науки помогает понять феномен научного мышления в его целостном и, следовательно, логически проясненном виде, не запутанным раздроблением на почти автономизированные и даже противоборствующие моменты. Здесь, например, наиболее обнажено выступает именно внутренняя связанность экспериментального, теоретического, гносеологического и конструктивного аспектов. Мы попытаемся максимально использовать преимущества синкретичности нашего объекта.

Для взгляда, образованного научно-теоретическим замыслом, мир обнаруживается как регулируемый числом. Фиксация объектов, которая является начальной стадией любого научного понимания, предполагает разбиение мира на систему форм и структур, т. е. на то, сущность чего действительно составляет число. «Беспрдельное множество отдельных вещей и признаков, содержащихся в них,— говорит Платон,— неизбежно делает неопределенным также и твое мышление, вследствие чего с тобою не считаются и не принимают тебя в расчет (с точки зрения теоретического мышления. — А. А.), так как ты никогда ни в чем не обращаешь внимания ни на какое число»³⁵.

Как подлинные теоретики пифагорейцы занимались главным образом разработкой и выяснением условий постановки теоретически продуктивного наблюдения, однако — за исключением упомянутых выше сомнительных случаев — мы не найдем у пифагорейцев описания каких-либо развернутых экспериментов³⁶. Будучи захвачен интеллектуальным процессом выяснения условий теоретического мышления, пифагореизм в своем развитии пришел к математике, понимаемой уже в более современном смысле слова, т. е. в том смысле, в каком ее будет понимать Аристотель. В каком смысле еще здесь можно говорить об эксперименте, мы выясним далее.

Но тем не менее должна быть какая-то реальная предметная и, если угодно, псевдоэкспериментальная база для развития учения о числе как существенном теоретико-конструктивном принципе. Помимо астрономических наблюдений, такой базой служила сфера музыкальной и пластической практики. Обычно рассматривают теорию музыки пифагорейцев как применение уже развитой теории пропорциональных отношений к исследованию структуры консонантных отношений. Создается впечатление, будто свою арифметику пропорций пифагорейцы либо получили уже

в готовом виде, либо создали совершенно независимо³⁵. Венгерский филолог и историк математики А. Сабо, детальнейшим образом изучив происхождение артимологической терминологии пифагорейцев, считает доказанным, что «все важнейшие термины учения о пропорциях имеют музыкально-теоретическое происхождение»³⁶. Теперь уже, по-видимому, нет никаких сомнений, что основные математические сведения пифагорейцев действительно имелись в вавилонской и, как утверждают³⁷, даже в индийской учености. Но именно это и позволяет нам утверждать, что собственно пифагорейская арифметика не состоит из таких отдельных арифметических и геометрических сведений. Напротив, характер известных нам тезисов ранних пифагорейцев ясно указывает на предметную сущность пифагорейского числа. Поэтому рассмотрение пифагорейской математики может и должно быть включено в наше исследование, ибо здесь мы находим не просто собрание эмпирических наблюдений или калькуляторских сведений, а следы экспериментально-теоретических исследований.

Историки математики, за редким исключением³⁸, почти не обращают внимание на другой момент в происхождении греческой математики, а именно на связь ее с практической архитектуры и пластических искусств вообще. Между тем, если исследования в области музыки были относительно быстро завершены и уступили место чисто математическим проблемам (теории пропорций), то, напротив, в геометрии и стереометрии сосредоточились конструктивные проблемы, непосредственно связанные с проблемами идеальной формы и с опытом пластических искусств.

Определяемость предмета числом, тождество принципа понимания с принципом красоты при космическом (онтологическом) понимании самой прекрасной (идеальной) формы — все это превращало художественную практику античности в «экспериментальную базу» или основание для теоретических спекуляций³⁹. Сошедшая на однажды уже процитированное высказывание Платона (стр. 29). Вообще нет недостатка в многочисленных свидетельствах этой роли художественной практики. Широко известен «канон» Поликлета, который дал в своей статуе «Дорифор» как бы универсальный образец абсолютных пропорций человеческого тела. Эта идея определяющей роли пропорции оставалась ведущей на протяжении длительного времени. Филон Александрийский в своей «Механике» приводит слова Поликлета: «Успех (художественного произведения) получается от многих числовых соотношений, причем любая мелочь может его нарушить». «Очевидно,— добавляет Филон,— таким образом и в данном искусстве (механике) при создании сооружений с помощью множества чисел приходится делать в результате большие ошибки, если допустить хотя бы малую погрешность в частных случаях»⁴⁰.

Форма, строго определенная пропорциональными отношениями, вещественная, техническая, механическая, конструктивная форма, форма очень четкая, заметная в каждой ноте, не теря-

пная даже малейшего отклонения от закона, — таково определение античной красоты, и мы видим, что оно совпадает с определением научно зафиксированного объекта⁴¹.

Таким образом, теоретически-наблюдающее мышление вырабатывало свои приемы и методы, формировало свою технику в эстетической сфере — в музыке, в метрике мелического искусства, в архитектуре и скульптуре. Принципы структуры, оформленности, созвучия, равновесия, симметрии — вот то, что формирует технические средства рождающегося научного познания. Обоснованное в самом себе и совершенно оформленное — вот подлинное бытие, которое для античности составляет интеллектуально постижимую сущность бытия и которое одно только понятно античному мыслителю. Античный эквивалент экспериментирования ближе всего стоит к выбирающей, прикидывающей, сообразующей и оформляющей деятельности художника. Можно привести здесь еще одну прекрасную характеристику пифагорейского метода, данную А. Ф. Лосевым: «Пифагорейский глаз все время как бы обмерял разные вещи, стремясь найти между ними наглядно и структурно видимую аналогию»⁴².

Теперь, после того как мы получили некоторое представление о всем своеобразии пифагорейской трактовки числа, вернемся к его конкретной форме.

Мы начали с проблемы некоего логического круга, заключающегося в том, что тело определяется как число, число же опять-таки есть тело. Теперь понятно, что под числом разумеется та форма тела, в которой оно представляется мыслимому взору как тело самой формы, — не столько оформленное тело, сколько волюнтарная форма; тело мыслимое (видимое) в идеальности его формы, и форма, сущая с реальностью тела. Наблюдение, сосредоточиваясь на различении того, что «есть само по себе», восходит к принципу формы, числу и, далее, к принципу самого числа — единице. Наблюдение становится мышлением. Мышление же остается созерцанием (*θεωρία*), а единица — формой. Круг этот никогда не сжимается в точку, а лишь по-разному проходит. В нем и заключена своеобразная экспериментальность, присущая античному теоретическому мышлению.

Только теперь мы сможем понять, почему единица не считается числом и каков смысл следующего ее определения в VII книге Евклидовых начал: «Единица есть то, через что каждое из существующих считается единым»⁴³. Не наша задача вскрывать противоречивость этого определения. Но после сделанных разъяснений становится ясным, что здесь под единицей разумеется как раз та идеальная форма, которая делает вещь самой собой и определяет ее как тождественную себе форму. Ясно также, почему число легко отождествляется с сущностью вещи. Ведь даже для того, чтобы только считать одинаковые предметы, например дома, надо уже уметь выделять дом как таковой среди других предметов, надо уметь распознавать чистую, существенную

форму дома, т. е. принцип отождествления разных домов как домов. Это — существенная форма вещи, которая как идеальная форма может не быть тождественной ни одному экземпляру данного вида и вместе с тем составлять принцип их отождествления. Разумеется, два дома есть число, но один дом не является числом. Единицы, таким образом, для пифагорейцев разнovidны и разнокачественны. Феон Смирнский говорит: «Если в области зримых предметов происходит деление единицы, то она как тело уменьшается и разделяется на меньшие части, но в числовом отношении она увеличивается, так как место одной вещи занимает теперь несколько вещей»⁴⁴.

Каждое отдельное число может быть рассмотрено как своеобразная единица, т. е. как определитель некоторой идеальной формы. В этом смысле самого архаического представления чисел треугольными, квадратными, пятиугольными, прямоугольными формами.

Такое изображение чисел любопытно во многих отношениях. Прежде всего, классификация чисел по геометрическим фигурам есть как бы классификация основных структурных элементов для построения любого правильно образованного объекта, так сказать инструментарий. Какие же особенности сразу бросаются в глаза? Классификация ведется по осям симметрии. Любое треугольное число соответствует оси третьего порядка, квадратное — четвертого и т. д. Это характеризует первоначальную операцию отождествления подобных вещей и прежде всего отождествление вещи с самой собой при ее преобразовании в себя. Вращение, круговое движение сначала выделяет центр тела. А эта операция, нахождение середины, центра, как мы неоднократно будем убеждаться, является для античности важнейшей, будет ли это центр симметрии, центр тяжести, центр равновесия или какой угодно иной центр⁴⁵.

Во вращении вместе с тем тело определяется в его симметрической структуре и потому может определяться треугольным, квадратным или иным соответствующим числом. Итак, отождествление тела с самим собой в преобразовании вращения зафиксировано в фигуре числа.

Но, как говорил Филолай в пифагорейском месте (стр. 32), число определяет тело также по природе гномома, т. е. по природе части, прибавление которой осуществляет преобразование подобия. Таким образом, пифагорейцам была известна и операция отождествления тела по чистой фигуре при изменяющейся величине.

Что точно-геометрическое изображение чисел есть в равной мере запись определенной операции, ясно из того, что при таком изображении автоматически выполняется построение некоторого пропорционального ряда⁴⁶. Вместе с тем, анализируя это последнее преобразование подобия, мы подошли к самому важному принципу пифагорейского конструирования — к принципу пропор-

ции (*ἀναλογία*). Поскольку преобразование с помощью гнома — дискретное преобразование, предметы упорядочаются не непосредственно, а в некотором пропорциональном отношении. И оно является также способом их упорядочения и структурирования.

Кроме того, важно отметить одно обстоятельство. Мы все время говорим о том, что теоретическое зрение пифагорейцев направлено на проблему фиксирования объектов, на выделение, определение и ограничение феномена. Но теперь ясно, что это оказывается возможным сделать только в том случае, если вместе с тем определены также и операции, движения, преобразования, по отношению к которым предмет остается тождественным себе. Это взаимопределение предела и беспредельного, предмета и движения, формы и преобразования является типичной чертой научного метода. Здесь происходит понимание не только фиксируемого объекта, но также и движения, ибо одновременно формируется понятие объекта и понятие движения.

Мы должны теперь ближе рассмотреть процесс реального построения индивидуальной формы. Уже в истории самого пифагорейства намечается некоторое развитие, сущность которого мы попытаемся кратко охарактеризовать.

Конструктивная сущность пифагореизма V в. до н. э. хорошо иллюстрируется на примере построения поликлетова «Дорифора». Еще нет никаких универсальных методов, и техника исследования остается индивидуально-приспособленной. «Греки,— пишет А. Ф. Лосев,— исходили из самих данных частей, независимо от того, из какой общей меры, принятой за единицу, эти части получаются.

У Поликлета брался рост человека как целое, как единица, потом фиксировалась отдельная часть тела как таковая, какова бы она ни была по своим размерам, и уже только после этого фиксировалось отношение каждой такой части к целому»⁴⁷.

Разумеется, в Греции издавна существовали относительно абстрактные и стандартные единицы измерения длин, площадей, объемов, веса. Речь сейчас идет не об этом, не об измерении вообще, а о способе построения индивидуальной формы (архитектурной, скульптурной) или о способе установления формального канона. При этом в отличие, скажем, от древнеегипетской модульной системы точкой отсчета служил сам индивидуальный предмет. Он избирался в качестве своеобразной единицы, относительно которой можно было рассчитывать пропорциональные доли частей в рамках этого «микрокосмического» целого. Поскольку речь идет о структуре отношений, а не абсолютных величин, стандартные меры могли и не использоваться⁴⁸.

Принцип рассмотрения каждого объекта как целого и всего космоса как внутри себя структурированного тела является для пифагорейцев наиболее характерным. Насколько исследование пропорциональной структуры не было для пифагорейцев просто

исследованием целочисленных отношений, видно хотя бы на примере такого относительно позднего пифагорейца, как Архит, с его проблемой деления октавы. Его прежде всего интересует внутреннее гармоническое строение октавы. Задача была бы решена как теоретическая, если бы удалось найти «элементарный» интервал. Что ни арифметическая, ни тем более геометрическая пропорция не делит октаву «пополам»⁴⁹, более того, что такое деление вообще невозможно и приходится использовать арифметическую и гармоническую пропорции, т. е. принимать для одной точки два значения⁵⁰ — это было ясно Архиту. Деление октавы, таким образом, бесконечно, и сама величина интервала бесконечно изменяется. Ни о каком атомизме здесь поэтому не может быть и речи⁵¹.

А. Кальман⁵² указывает, что в «Каноне» Поликлета отношение между частями выражалось сложными дробями и даже иррациональными числами.

Следует в этой связи более критически отнестись к общераспространенному мнению, что переход от пифагорейской арифметики к геометрической алгебре произошел главным образом вследствие открытия несоизмеримости⁵³.

Создается впечатление, что дело могло происходить и несколько по-иному. Несоизмеримость ни в малой мере не беспокоит до тех пор, пока число изображается точками, составляющими геометрическую фигуру, пока, с другой стороны, каждое отдельное тело измеряется своей собственной мерой и выступает как бы со своей собственной качественной единицей.

Наоборот, именно переход к представлению о некотором модуле и абстрактной единице, порождающей все, и, следовательно, в равной мере как сторону квадрата, так и его диагональ, т. е. именно уже развитые геометрические представления обнаруживают несоизмеримость не как факт, а как проблему. И подобные представления мы встречаем довольно поздно. Так, только у Феона Мирнского мы находим следующее высказывание: «Единица, как начало всех чисел, в потенции является и стороной и диагональю»⁵⁴. Поэтому, если и относится это воззрение к пифагорейцам, то, по-видимому, не раньше платоновского времени. В «Тимее» Платон начинает свое априорно-теоретическое построение космоса из двух пропорциональных рядов: двухстепенного (1—2—4—8) и трехстепенного (1—3—9—27), общим началом для которых является единица⁵⁵. Утверждение единой для всех чисел единицы вместе с давно известным фактом несоизмеримости и составляет здесь подлинную проблему.

По-видимому, уместно еще раз напомнить, что математические на современный взгляд проблемы для пифагорейских ученых в равной мере были непосредственно предметными, и нас они интересуют именно в качестве таковых⁵⁶. Связь проблемы несоизмеримости с геометрической алгеброй занимает нас постольку, поскольку ее можно рассматривать в качестве мысленно-экспери-

ментальной проблемы, а в таком контексте она есть лишь одна из первых и наиболее отчетливых формулировок радикальнейшей проблемы всего античного теоретического мышления — проблемы взаимоотношения дискретного и непрерывного.

Для первоначальной арифметизма характерно утверждение двух основных начал числа вообще: «четя» и «нечетя». Фундаментальный смысл четного и нечетного был ясен уже древнейшему пифагореизму. Они составляли одну из пар пифагорейской декады противоположностей⁵⁷. VII книга Евклидовых «Начал» прежде всего проводит классификацию чисел по их отношению к четности и нечетности⁵⁸. Каков смысл этого различия? Помимо того что таким образом проводилось разделение предметов по их взаимной неуподобляемости, несовместимости и, таким образом, обходилась проблема иррациональности (т. е. вводишь с самого начала две несоизмеримые друг с другом меры-единицы, измеряющие соответствующие объекты: так, равнобедренный прямоугольный треугольник был четно-нечетным объектом, т. е. составленным из несоизмеримых элементов), четность и нечетность являлись основными характеристиками идеального объекта, по которым можно было бы решить, является ли он простым или составным объектом.

Слова Платона из «Эпινόмыса», приведенные в примечании⁵⁷, знаменательны во многих отношениях, и мы часто еще будем к ним возвращаться. Здесь мы должны отметить два обстоятельства. Во-первых, неоднократно уже нами подчеркиваемый предметный, мысленно-экспериментирующий характер античной математики, который заключается, по меткому определению Платона, в уподоблении чисел, по природе не подобных друг другу.

Вторая мысль, которую нам хотелось бы подчеркнуть в этом высказывании Платона, это то, что именно силе удвоения и противоположной Платон приписывает то, благодаря чему «все в природе как бы запечатлевает свой вид и форму». Это доказывает нам суть пифагорейского арифметизма и еще раз подтверждает, что постижение предмета, т. е. его мысленное конструирование, было связано для пифагорейцев с выяснением его симметрической структуры, осложненной проблемой соизмеримости. Факт несоизмеримости остался бы совершенно незамеченным пифагорейцами, если бы мера не была для них тем принципом, который объединяет идеальное, форму и число с реальным, предметным, телесным, если бы для них дело ограничилось чистым эмпиризмом, для которого при любой точности измерений несоизмеримость никогда бы не могла быть открыта, или же отвлеченным математизмом, для которого несоизмеримость никогда бы не могла стать апорией.

Чтобы завершить рассмотрение конструктивного смысла пифагорейского учения, нам остается еще обдумать центральное в самом пифагорействе и важнейшее для всего античного мышления учение о гармонии, учение, представляющее древнейшее и,

может быть, самое древнее учение греков. Совершенно явно оно выражено уже Гераклитом, для которого именно гармония, как способ определенного фиксирования мирового многообразия, как априорно-онтологическая предпосылка познаваемости мира вообще, составляет сущность любого теоретического отношения к миру. Она есть то, что опосредует и объединяет мировые противоположности⁵⁹.

Учение о гармонии также составляет стержень всего пифагореизма и вместе с учением о мере является вплоть до Архимеда основой предметности греческого мышления. В нем находит самое конкретное выражение пифагорейское учение как таковое, оно связывает космологические построения с каждым единичным актом исследования⁶⁰. Приведем здесь одно весьма характерное высказывание Платона из его наиболее пифагорейского произведения «Тимей», в котором еще раз можно будет убедиться в той глубочайшей связи, которая существовала в греческой античности между астрономическими наблюдениями, принципом гармонии круговых движений и строем земного опыта.

«Поскольку же день и ночь, круговороты месяцев и годов, равенствия и солнцестояния зримы, глаза открыли нам число, дали понятие о времени и побудили исследовать природу Вселенной... Нам следует считать, что причина, по которой бог избрал и даровал нам зрение, именно эта: чтобы мы, наблюдая круговращения ума в небе, извлекли пользу для круговращения нашего мышления, которое сродни тем, небесным [круговоротам], хотя в отличие от их невозмутимости оно подвержено возмущению; а потому, уразумев и усвоив природную правильность суждений, мы должны, подражая безупречному круговращению бога, упорядочить неустоянные круговращения внутри нас»⁶¹. Аналогичную устроительную роль философ отводит музыке, поскольку для умного уха в ее чувственном звучании «слышна» идеальная гармония⁶².

Итак, именно принцип гармонии является центральным и более общим по отношению к принципу числа. Отношение (логос), которое связывает разнородное и вносит различие в однородное, создает числовой космос. Разнообразие чувственного мира уясняется умом как однородная различность формы, как «невидимая гармония» (Гераклит). Там, где на первый план выступает исследование целостной структуры, понимание отдельного предмета как элемента структуры, принцип гармонии или пропорции (аналогия) выступает на первый план. Именно посредством гармонического упорядочения предметов, расположения их в пропорциональный ряд, осуществляется в античной Греции основная экспериментальная операция любого научно-теоретического мышления — операция отождествления — внесение принципа равенства или, по Платону, уподобление по природе неподобного.

Эта фундаментальная роль гармонии и пропорции в античности в ином свете показывает нам те исследования ранних пифа-

горейцев, которые обычно относятся просто к акустике. На самом деле здесь открывались универсальные законы и методы научного познания вообще и, поскольку они были прежде всего открыты в музыке и пластике, качественные особенности звука и формы переносились затем на любую сферу познания, в том числе и на космос, что и послужило основанием известного учения пифагорейцев о звучащей гармонии сфер.

Распределение предметов в гармоническом порядке совпадает с их теоретическим пониманием и, как говорит Филолай, неважно откуда пришла эта гармония.

Совершенно последовательным является шаг от зафиксированных в качестве отдельных и автономных единиц тел к отысканию их отношения друг к другу, и только общим выражением этого стремления является понимание мировой гармонии как пропорционального и бесконечного опосредования между пределом (единичной вещью) и беспредельным (аморфным множеством ее фона). Пропорциональность и гармония, в конечном счете развивающиеся в сферически-симметричную форму универсальной структуры, составляют исходный принцип всеобщего, т. е. теоретического, отождествления, принцип равенства, единый для двух отмеченных нами типов равенства: по форме и по подобию.

Рассмотрим несколько подробнее, как же именно идея гармонии, или всеобщей пропорциональности, становится конструктивным принципом предметного познания.

Отметим сначала одно место в VII книге «Государства» Платона, приведя его в более простой форме, в изложении Феона Смирнского: «Что просто движет чувствами, то не возбуждает и не вызывает мышления, как, например, взгляд на палец, — толст ли он или тонок, велик или мал; а что производит в чувстве движение противное, тем возбуждает и вызывается мышление, когда, например, одно и то же кажется великим и малым, легким и тяжелым, одним и многим. Таким образом, искусство считать, или арифметика, влечет и руководствует к истине»⁶². Прежде всего в этом отрывке, может быть, ярче всего выражена связь, существующая между числом как принципом познания и такой эмпирической ситуацией, которая «возбуждает мышление», которую мы называем экспериментом. Когда ощущение просто, оно не требует понимания. Необходимо по меньшей мере некоторый эмпирический конфликт, чтобы мышление проявило свою деятельность. Но почему именно число способствует созданию такого конфликта?

Прежде всего мы наталкиваемся на некоторую относительную меру: выше — ниже, теплее — холоднее. Отношение можно определять, скажем, пропорцией, но анализа пропорциональности приводит к проблеме единицы, как некой абсолютной меры. Поскольку непрерывное развивается теперь на ряд дискретных элементов, находящихся друг к другу в пропорциональном отношении, каждый из этих элементов есть некоторым образом еди-

лица (единичноподобен), т. е. уже не может определяться просто как член отношения, возникает вопрос, каков же он сам по себе, а при теоретическом подходе, когда речь идет о единице как таковой, этот вопрос встает еще острее. Если все понимается лишь по отношению к единице, то как понять ее самое?

Именно с этим вопросом столкнулось исследование музыкальной гармонии. Октава (отношение высот 2 : 1) представляет собой как бы модель гармонии, в которой дана первоначально лишь относительная мера (интервал) высоты звука⁶⁴. Проблема деления октавы потому и стала центральной проблемой пифагорейского учения о гармонии, что в ней сосредоточена та самая теоретически-конфликтная ситуация, о которой образно говорит Платон. И все разнообразие греческих музыкальных теорий развивается вокруг проблемы деления тона, поскольку оказывается невозможным найти абсолютную меру, чистую единицу (атом) звука. Теоретическое «ухо» различает иррациональный шум в самой сущности звука, в средоточии гармонии. Это — экспериментальный факт: он обнаружен теоретическим «слухом» и даже является отрицательным по отношению к исходной идее. И он привел к изменению теории. Первоначальное дискретно-арифметическое понимание числа вытесняется геометрическим, и постепенно геометрическая алгебра сосредоточивает в себе все конструктивные проблемы. Арифметика же сводится к искусству вычислять.

Если не считать таких фундаментально-космологических противоположностей, как предел и беспредельное, или философско-всеобщих формулировок типа: единое — многое, оформленное — аморфное, если присмотреться к конкретной форме этого «неподобия», как она представлена в математических объектах, то мы обнаружим следующие факты.

Однородные числа можно сопоставлять различным отрезкам, так это делается, например, у Евклида⁶⁵. Существенная неоднородность свойственна плоским фигурам, не связанным преобразованием подобия (т. е. не отвечающим однородным числам: треугольным, квадратным и т. д.). Для них оказывается необходимым найти посредствующую фигуру, одна из сторон которой составляла бы со сторонами уподобляемых фигур непрерывную пропорцию. Если дело касается телесных (трехмерных) фигур, то для уподобления совершенно неподобных тел необходимы уже два посредствующих члена, т. е. непрерывная пропорция, представляющая уравнение третьей степени. Первая задача является центральной для всей античной геометрии, а решение второй приводит к разработке стереометрических методов, учения о конических сечениях и статической механики. Платон в «Тимее» делает любопытное замечание: «...если бы телу вселенной надлежало быть только плоским, без всякой толщины, тогда достаточно было бы и одного среднего члена для того, чтобы он мог связать и два другие между собой»⁶⁶. Но так как ему надлежало

быть массообразным, трехмерно-телесным, массы же никогда не соединяются посредством одного и всегда при посредстве двух средних членов, то бог, поместивши в середине между огнем и землею воду и воздух (все эти элементы), сколько возможно, в такое пропорциональное друг другу отношение, в котором как огонь относится к воздуху, так воздух к воде, и как воздух относится к воде, так и вода к земле, тем самым связал их воедино и таким образом устроил видимое и осязаемое небо»⁶⁷. Поскольку античной науке ко времени Платона было известно пять правильных многогранников, Платон принял куб в качестве начала земли (и начала осязания), тетраэдр в качестве начала огня (и начала зрения) и в таком случае водяной икосаэдр и воздушный октаэдр оказывались посредствующими фигурами, связывающими куб и тетраэдр. Додекаэдр соответствовал космосу в целом. Далее уже нетрудно было сопоставить этой пропорции интервалы октавы. Такова конкретная картина всепронизывающей гармонии античного космоса, как она конструируется в «Тимее». Мы кратко изложили здесь это учение⁶⁸, чтобы показать по существу простой и единый механизм формирования предмета в греческом теоретическом мышлении.

Построения, считающиеся обычно прихотливыми фантазиями мистических спекуляций Платона, оказываются глубоко технологическими и по-своему строжайшим образом связанными с экспериментированием (теоретическим наблюдением) эпохи классической греческой античности.

■

Конфликт между теоретически-понятийной стороной (тело есть число) и предметной стороной (число есть тело) не просто констатируется, а теоретически формулируется пифагорейцами в проблеме несоизмеримости. Это — радикальная апория, связанная с попыткой понять тело числом. Предпосылка (исток) ее мы не исследуем, согласно которой мир постигается числом, позволяет подойти к миру теоретически и познавать его (исследовательская сторона). Но вместе с тем в процессе развертывания такого понимания и благодаря нему открываются его внутренние границы. Это и составляет экспериментальное содержание проблемы несоизмеримости: радикальное неподобие, разнокачественность, разнотелность космоса, т. е. невозможность охватить его единой гармонией (привести в отношение подобия все неподобное), невозможность установления универсальной единицы — иными словами, невозможность понять его средствами пифагорейского арифметизма.

Эксперимент и математическая теория

К концу V в. до н. э. математические исследования греческих ученых достигают чрезвычайно высокого уровня. С точки зрения нашей темы нас интересуют в этом процессе три момента:

1) выработка новых приемов и способов мысленного конструирования объекта;

2) выдвижение математики в качестве образца чисто теоретического знания и критика в связи с этим нематематического знания (Платон);

3) внедрение в геометрию механических способов решения задач, первый контакт между геометрией и механикой.

По мере развития арифметики, геометрии, астрономии — четырех основных теоретических дисциплин эпохи классической античности — неизбежно возникает проблема единства теоретического знания и его автономии, проблема, составляющая одну из основных тем платоновской эпистемологии. Однако с полной определенностью эта проблема была поставлена элентами уже в самом начале V в. до н. э.

Пифагорейский принцип, согласно которому число или форма составляют единое начало бытия и познания предмета и космоса как гармонического единства этих единиц, уже нес в себе проблему формы форм (единицы единиц), т. е. необходимость отыскать форму, заключающую в себе свойства всевозможных форм.

Проблема единого (универсальной единицы) выдвигается на первый план, причем единое сразу же осознается так же и как всеобщая форма, и как бытие само по себе⁶⁹. Однако нас интересует не онтологическая, а конструктивная сторона проблемы.

Мы уже говорили, что переход от первоначального арифметизма пифагорейцев к геометрической алгебре связан с проблемой несоизмеримости. Несоизмеримость, осознанная как принципиальная трудность в отыскании универсальной единицы, была по существу для пифагорейцев экспериментальным затруднением. Благодаря несоизмеримости, многообразие чисел-предметов распадалось в конечном счете на множество качественных единиц, не могущих находиться друг к другу ни в каком разумном отношении (*ὅμοιο-λογία*). Иными словами, об этих фундаментальных качественных единицах уже не могло быть никакого теоретического знания. Они невыразимы (*ἄρρητον*) по отношению друг к другу⁷⁰. Парадокс, обострившийся еще в результате критики со стороны элентов, состоял в том, что универсальная единица как начало всех чисел должна в потенции содержать все несоизмеримые величины⁷¹. В этой ситуации чрезвычайно важным шагом была разработка методов геометрической алгебры как способа взаимно соотносить и, следовательно, соизмерять (уподоблять) непосредственно несоизмеримые (неподобные) числа. Эта проблема породила метод приложения площадей и затем — венец греческой матема-

тики — теорию конических сечений, ставших основными проблемами античной геометрии⁷².

Рассмотрение «выразимости» непосредственно несоизмеримых единиц, классификация и систематизация на этой основе чисел, включая и иррациональные, составляет заслугу математиков начала IV в. до н. э. Феодора и Тетета, о которых рассказывает Платон в своем диалоге «Тетет»⁷³. Простейшим способом «выражения» иррациональной единицы, например $\sqrt{3}$, является рассмотрение ее как стороны квадрата с площадью три квадратных единицы. Соответственно и две «единицы», несоизмеримые друг с другом, могут быть сопоставлены по производимым ими площадям. В X книге евклидовых «Начал»⁷⁴ такие отрезки называются «выразимыми». Кроме того, здесь исследуются и более сложные формы «выразимости», которые были затем использованы при построении теории правильных многогранников (XIII книга «Начал»). «Все эти доказательства,— пишет Ван дер Варден,— базируются на одной и той же мысли, которая красной нитью проходит через всю книгу: чтобы показать свойства каких-либо отрезков, строят на этих отрезках квадрат и исследуют свойства этого квадрата»⁷⁵.

Представив иррациональное число как диагональ квадрата или как сторону квадрата, площадь которого не является квадратным числом, греческий математик имел совершенно точное изображение иррационального. Это обстоятельство только укрепляло в мышлении греков их геометро-взглядный метод, так что Платон по праву мог назвать геометрию, мышление в формах, наукой о том, «как сделать соизмеримыми на плоскости числа, по своей природе несоизмеримые»⁷⁶.

Развитие идеи выразимости в видимых (геометрических и стереометрических) фигурах некоторых скрытых и самих по себе несравнимых элементов чрезвычайно важно и характерно для теоретического мышления эпохи античности вообще. В этом математическом методе наглядно представлены механизм и как бы схема способа, которым античные мыслители превращали предметное наблюдение в теоретический анализ. Будет ли это атомистическая теория Демокрита или проблема отношения между структурой тел и структурой идей у Платона, или же, наконец, теория Аристотеля о выразимости структуры предметных потенций (*δυναμεις*) в актуальной структуре предмета (*ἐντελέχεια*) — везде мы имеем дело с одним и тем же ходом мысли, который являлся действительным развитием первоначального метода пифагорейцев. Анализ предметных структур как статических симметрий (числа), дополняемый внетеоретическим динамизмом (натурфилософия числа), осмысливается теперь таким образом, что в понятии выразимости сам момент динамики получает теоретическое истолкование.

Мы не имеем здесь возможности продемонстрировать всю фундаментальность этой особенности греческого мышления в других

сферах античной культуры. Сошлемся лишь на два исследования. В книге А. Сабо «Начало греческой математики» подробно показана глубокая связь математической терминологии с терминологией музыкальной практики. Исследователь античной архитектуры Д. Хэмбидж демонстрирует элементы динамической симметрии в античной пластике⁷⁷. Анализируя большой искусствоведческий материал, Хэмбидж показывает, как в структуре основных архитектурных элементов Парфенона и других греческих храмов реализуется принцип динамической симметрии. Статический и замкнутый в себе квадрат он противопоставляет прямоугольным элементам с диагональю $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, $\sqrt{5}$ и т. д., показывая, как их структура необходимо развертывается в более сложную систему, захватывая своими связями все сооружение.

Таким образом переход от статично-симметричного архаизма ранних пифагорейцев к динамической геометрии эпохи Платона свидетельствует о значительном развитии конструктивных средств и, следовательно, экспериментально-теоретической способности вообще. Дело, однако, осложняется следующим обстоятельством. Геометрическая форма, взятая как способ выражения некоторой предметной, качественной единицы, оставшейся за рамками самой геометрии, отделяется от объекта. Чистая и автономная геометрия, ставшая впервые собственно математической дисциплиной, рассматривается сама по себе вне зависимости от возможного применения к физическим объектам.

Вместе с тем, роль скоро именно геометрический образ является теоретическим выражением объекта, чисто математическое исследование свойств пропорций или геометрических фигур представляется достаточным и необходимым способом теоретического представления предмета.

Такова предпосылка платоновского априоризма в теоретическом мышлении. Но именно благодаря этому Платон глубже понял значение и смысл отношения математики к предметному исследованию.

«...Когда они (математики.—А. А.) ...пользуются чертежами и делают отсюда выводы, их мысль обращена не на чертеж, а на те фигуры, подобием которых он служит. Выводы свои они делают только для четырехугольника самого по себе и его диагонали, а не для той диагонали, которую они начертчили... То же самое относится к произведением ваяния и живописи... они служат лишь образным выражением того, что можно видеть не иначе, как мысленным взором»⁷⁸. Фундаментальная мысль о том, что наши теоретические утверждения относятся к идеально-сущностному образу вещи, а не к ее эмпирически воспринимаемому единичному и случайному образу, пронизывает многие рассуждения Платона. Собственно говоря, важнейшим моментом центрального учения Платона об «эйдосах», или об «идеях», и является понимание того, что геометрическая, идеальная форма вещей, *видимая очами разума*, и есть цель и результат теоретического определения ве-

щи⁷⁹. Она обладает теоретическими качествами всеобщности, необходимости и неизменности в противоположность случайности, неопределенности и произвольной изменчивости предмета непосредственного наблюдения.

Поскольку, таким образом, оказывается, что собственно математические исследования, исследования формы как таковой, с одной стороны, не зависят от неточности (неуловимости) чувственных впечатлений, а с другой — дают непосредственно предметный результат, становится понятен тот теоретико-математический энтузиазм, который так характерен для Платона в отличие от Аристотеля⁸⁰.

Со своей идеальной высоты Платон подвергает резкой критике непоследовательное смешение математики и эмпирии у ранних астрономов и музыкантов. «Эти узоры на небе, украшающие область видимого, — говорит он, — надо признать самыми прекрасными и совершенными из подобного рода вещей, но все же они сильно уступают вещам истинным... Это постигается разумом и рассудком, а не зрением... Небесным узором надо пользоваться как пособием для изучения подлинного бытия...»⁸¹ Понятно, что при таком настроении Платон и на пифагорейцев смотрит как на эмпириков: «Клянусь богами, у них это выходит забавно: что-то они называют «уплотнением» и настораживают уши, словно ловят звуки голоса из соседнего дома; одни говорят, что различают какой-то отзвук посреди, между двумя звуками и что как раз тут находится наименьший промежуток, который надо взять за основу для измерений, другие спорят с ними, уверяя, что здесь нет разницы в звуках, но и те и другие ценят уши выше ума. — Ты говоришь о тех добрых людях, что не дают струнам покоя и подвергают их пытке, накручивая на колки...» Они, — заключает Платон, имея в виду пифагорейцев-эмпириков, — ищут числа в воспринимаемых на слух созвучиях, но не поднимаются до рассмотрения общих вопросов и не выясняют, какие *числа* (курсив наш. — А. А.) созвучны, а какие — нет и почему»⁸².

Мы привели это обширное извлечение из Платона, потому что оно с равной наглядностью демонстрирует как способы экспериментирования в раннем пифагорействе, так и априорно-математическое отношение Платона к эксперименту⁸³.

При таком подходе истинное знание должно получаться в том случае, если удастся реконструировать все данные наблюдений, исходя из чисто теоретических предпосылок. Так возникает платоновский замысел чисто математической физики, причем единственной сферой, где этот замысел может осуществиться полностью, является для Платона, как и для всей классической античности, божественная сфера небесных движений — астрономия⁸⁴. Платон поставил перед математиками и астрономами его эпохи задачу теоретической переработки эмпирической астрономии, задачу выведения законов движения небесных тел из всеобщей математической модели сферического движения.

Мы уже говорили о фундаментальной роли понятия кругового движения для всей античной астрономии. Тот всеобщий метод, с помощью которого в античности строилась теория движения небесных тел (основа основ любой теоретической механики), можно было бы назвать *циклическим анализом*. При этом любой исследуемый процесс, в частности траектория небесного тела, строится путем разложения в систему циклических движений. Такая «циклическая инерциальность» служила теоретической предпосылкой, организующей любые астрономические наблюдения в теоретически значимые эксперименты.

Именно на этой основе Платон и выдвинул программу преобразования эмпирической астрономии в теоретическую. Мы не находим этой программы в платоновских диалогах. По-видимому, она была высказана устно, о чем имеется свидетельство в «Истории астрономии» Евдема, сохранившееся у Симпликии в его комментариях к «О небе» Аристотеля. Симпликий пишет: «Платон допускает в принципе, что небесные тела движутся постоянным равномерным круговым движением, поэтому он предлагает математиком такую проблему: какие надо предположить круговые и совершенно правильные движения, чтобы иметь возможность спасти (т. е. объяснить. — А. А.) планетные явления»⁸⁵. Вся античная теоретическая астрономия со времен Платона до Птолемея в значительной степени является реализацией этой «планетной» программы.

Любое астрономическое наблюдение становилось теоретической проблемой в той мере, в какой оно не соответствовало теоретическому предсказанию. Различия в скоростях движений, в светимости или некоторые отклонения от циклической структуры движения впервые становятся теоретически-значимыми фактами лишь в условиях такой программы. Задача «спасения» явлений требует усовершенствования и измерения теоретической схемы, или гипотезы, при помощи которой эти явления «спасают».

«Первым греком, — сообщает Симпликий, — который попытался разрешить проблему, поставленную Платоном, был Евдокс из Книды»⁸⁶. Речь идет о системе гомоцентрических сфер, созданной учеником Архита Тарентского Евдоксом, которая представляла собой первый детально разработанный пример циклического анализа⁸⁷. В этой системе шарообразная Земля покоится в центре, вокруг нее вращаются 27 концентрических сфер. Внешняя сфера несет неподвижные звезды, а другие служат для объяснения движения Солнца, Луны и пяти планет. Для каждой планеты необходимо четыре сферы, для Солнца и Луны — по три. Многие особенности движения небесных тел можно объяснить при надлежащем выборе скоростей соответствующих сфер, причем подбираются также углы наклона осей этих сфер. Как показал Скипарейли, при этом легко выводятся то петлеобразное движение (гиппода), которое совершает, например, Юпитер по отношению к неподвижным звездам⁸⁸.

Калипп и затем Аристотель⁸⁰ улучшили эту модель, но общим недостатком этой теории было отсутствие объяснения изменчивости в блеске планет (ведь расстояние до Земли считалось неизменным⁸⁰). Однако общий принцип построения теоретической системы на основании некоторой модели, комбинирующей простые циклические движения, был принят всеми позднейшими астрономами, и речь шла только о нахождении наиболее адекватной структуры. Более того, мы увидим дальше, как этот метод и аналогичные модели переносятся в сферу земной физики и становятся таким образом первым математическим методом физики⁸¹.

В конце IV в. до н. э. Автолик из Питаны в Эпилиде, современник Феофраста, в своем трактате «О движущейся сфере» («Περὶ κινουμένης σφαίρας») построил абстрактную теорию кинематики точек и кругов на равномерно вращающейся сфере в полном соответствии с идеалом Платона⁸². Это был отвлеченный анализ общих свойств универсальной геометрической модели, служащей основанием любой возможной организации астрономических наблюдений по гомоцентрическому принципу. Однако практически далеко не все явления планетарного движения могли быть «спасены» таким образом. Было недостатка в полуэмпирических гипотезах, сохранявших от теории только сам принцип циклического анализа. Гераклید из понтийской Гераклеи, один из выдающихся учеников Платона, нашел, что явления, сопровождающие движение Венеры и Меркурия, лучше всего объясняются, если предположить, что эти две планеты вращаются вокруг Солнца, тогда как само Солнце вращается вокруг Земли⁸³. К началу III в. до н. э. относится знаменитая гелиоцентрическая гипотеза Аристарха Самосского⁸⁴, построенная по принципам гомоцентрической системы и в полной абстракции от общей физической теории. К началу III в. физическая теория была представлена главным образом в аристотелевской системе, и именно то обстоятельство, что гелиоцентрическая гипотеза выступала при этом как абстрактно-геометрическая конструкция, не связанная с основными принципами физики, сводило ее значение на нет. Требование единства физической теории послужило здесь основанием для выбора космологической гипотезы и было решающим моментом в интерпретации наблюдаемых фактов.

Пока аристотелевская система могла обосновывать физическое понимание и быть источником физических гипотез, она также и поставляла критерии для их отбора. Когда же ее собственное развитие привело ее к проблемам, требующим пересмотра самих основ, понадобилась полная перестройка всей системы физического мышления, и древняя космологическая гипотеза приобрела новый *физический* смысл.

Значительно более гибкий вариант циклического анализа движения небесных тел, согласующийся также с требованиями аристотелевской физики, был предложен Аполлонием Пергским (ок. 200 г. до н. э.) в его системе эксцентриклов и эпициклов. Согласно

гипотезе эксцентрического движения, наблюдение за движением планеты происходит из точки, несколько смещенной относительно центра круга. Гипотеза эпициклов предполагала, что по круговой орбите движется центр малой окружности, по которой вращается сама планета. Гипотеза эпициклов была менее приемлема, так как было затруднительно принять вращение вокруг «пустой» точки. Но в обоих случаях можно было объяснить наблюдаемые аномалии в блеске и скорости планет. Птолемей в своем «Альмагесте» приписывает Аполлонию две теоремы, которые доказывают полную эквивалентность эпициклической и эксцентрической теорий⁸⁵.

В конце II в. до н. э. эта система была усовершенствована Гиппархом, великим греческим астрономом, предшественником Птолемея⁸⁶. При этом тщательные наблюдения позволяли Гиппарху весьма точно определить основные параметры эпициклов Солнца и даже Луны. Он использовал обширные эмпирические материалы вавилонской астрономии, которые к тому времени стали известны в Греции⁸⁷. Все это говорит о достаточно ясном осознании метода теоретического наблюдения. Вот как характеризует Птолемей позицию Гиппарха: «Гиппарх понимал... что, когда с помощью одних только математических исследований дошли до такой степени точности и до познания истины, еще недостаточно держаться этих результатов, как будто другие уже все сделали; тот, кто хочет убедить себя и окружающих, думал он, необходимо должен, начиная с очевидных и всем известных явлений, вывести величину и период каждой аномалии, комбинируя для этого две вещи: относительное расположение и положение в небе кругов, которые порождают эти аномалии; он должен открыть закон движения, осуществляемый в этих кругах, он должен, наконец, показать, что другие явления соответствуют закону движения, который гипотетически был приписан этим кругам»⁸⁸. Эмпирическое описание, характерное для восточной астрономии, благодаря математической задаче, поставленной Платоном перед греческими астрономами, превращается, таким образом, в *теоретическое исследование*, развивающееся в постоянном конфликте гипотетического идеала и материала наблюдений. Результат наблюдения не может быть просто фиксирован, он ищет себе места в геометрической схеме, он требует изменения этой схемы и тем самым превращается в теоретическую проблему. Именно такая конфликтная ситуация, создаваемая теоретическим замыслом, превращает эмпирический факт в экспериментальную проблему.

Виртуозную разработку теория эпициклов получила в «Альмагесте» Птолемея (II в. н. э.), блестящем завершении античной астрономии и жемчужине мировой научной мысли. «Альмагест» вместе с тем включил в себя высшие достижения вавилонской вычислительной техники, в нем полностью учтены все известные к тому времени астрономические сведения. «Альмагест», — замечает Нейгебауэр, — отличается своим стремлением объяснить

эмпирические основания и теоретические предпосылки применяемых методов. И путь всегда начинается с определенной геометрической модели, из которой потом выводятся определенные арифметические следствия»⁹⁹.

Хотя Птолемей и удалось почти на полторы тысячи лет «спасти» планетные движения, мы не можем считать космологическую теорию Птолемея физической в полном смысле слова. Здесь отсутствовало самое важное звено, связывающее космологию и физику, — единый кинематический закон. Резкое разделение, существовавшее в аристотелевской физике между земной и небесной сферами, приводило к тому, что, с одной стороны, в пределах земной физики проблема движения не могла получить полной теоретической разработки, с другой, — в рамках теоретической астрономии имелся существенный разрыв между геометрической схемой и эмпирически определяемыми параметрами. Хотя в системе Птолемея «главный принцип, состоящий в фундаментальной роли кругового движения, казался блестяще подтвержденным»¹⁰⁰, хотя даже в рамках земной физики этот принцип еще раз проявил свою продуктивную силу в статической механике, тем не менее он не стал основанием единой кинематической теории, создание которой потребовало радикального изменения понятия движения и всех методов его математического конструирования.

Мы наблюдали развитие этих методов в классической эллинистической математике и могли заметить, что понятие геометрического объекта, фигуры, формы, которое составляло для греческого ученого теоретическую схему исследуемого предмета, представляя вещь как структуру, естественно приводило к затруднению, когда предметом исследования становилось движение. Характер античной математики не позволял представить движение в математической форме. Для этого движение само должно проникнуть в математику. Это на самом деле и происходило. Чуть ли не с самого раннего этапа греческая математика вращается вокруг проблем, не разрешимых в рамках ее предпосылок и методов. Это — квадратура круга, трисекция угла и, главным образом, делийская задача — задача удвоения куба, с решением которой связаны чуть ли не все высшие достижения античной математики (в частности, теория конических сечений). Изобретенные искусственные методы, которые приходилось изобретать для решения этих задач, создавали виртуозную технику геометрического воображения. Так, об Архите, предложившем изящное решение делийской задачи¹⁰¹, рассказывают, что он с трудом мог изложить ход своего доказательства, но легко мог воспроизвести его и как бы ощущал все его движения. «На чертеже Архита, — пишет Ван дер Варден, — все находится в движении: его мышление кинематично. Уже в древности замечали, что он ввел в геометрию механические методы»¹⁰². Только у Архимеда эти методы приведут к блестящим результатам и послужат основанием для разработки механического эксперимента.

Механические методы внедрялись в решение математических задач и при определении длины окружности (квадратрисса Гиппия Элидского и спираль Архимеда), и при решении делийской задачи¹⁰³, и при отыскании более простых теорем, поскольку во всей греческой математике отсутствовала методическая процедура вывода (существовала лишь разработанная методика доказательства одностинных теорем)¹⁰⁴.

И как ни ругал Платон математиков за изобретение механических приспособлений для решения задач, они были неизбежны. Будет ли это движущийся угольник, или раздвижная трехзатяная линейка Эратосфена, или циркуль, вычерчивающий конхоиду, — неизбежно было столкновение математических и механических проблем, в результате чего экспериментирование с математическими объектами вновь выступило на первый план.

Чрезвычайно любопытно рассказывает об этом Плутарх: «Знаменитому и многим любимому искусству построения механических орудий положили начало Евдокс и Архит, стремившиеся сделать геометрию более красивой и привлекательной, а также с помощью чувственно осязаемых примеров разрешить те вопросы, доказательство которых посредством одних лишь рассуждений и чертежей затруднительно... Но так как Платон негодовал, упрекая их в том, что они губят достоинство геометрии, которая от бестелесного и умопостигаемого опускается до чувственного и вновь сопрягается с телами, требующими для своего изготовления деятельного и тяжелого труда ремесленника, — механика полностью отделилась от геометрии и, сделавшись одной из военных наук, долгое время вовсе не привлекала внимания философов»¹⁰⁵.

Разработка и развитие механических методов решения математических (геометрических, тригонометрических, измерительных) задач потому имеет существенное значение с точки зрения нашей проблемы, что благодаря этому многие механические процессы и понятие механического движения вообще находили себе соответствие в геометрических и арифметических соотношениях. В античную эпоху только один прием непосредственно привел к созданию механической теории. Мы имеем в виду статику Архимеда, о которой речь пойдет дальше. Но в XVII в. именно эта связь механики с геометрией позволила сделать решительный шаг в развитии новой теории.

«Эйдос» и «Фюсис».

Превращения идеальной формы

Прежде чем переходить к анализу тех изменений, которым подверглись принципы теоретического наблюдения (эксперимента) у Аристотеля, скажем несколько слов об атомистах.

Мы можем ограничиться традиционным, хорошо подкрепленным доксиграфическими свидетельствами, представлением о на-

турфилософии атомистов. В таком случае мы получим принципиальную возможность объяснить отдельные изменчивые феномены, но не будем иметь никакого теоретически-конкретного понятия этих феноменов. Атомисты постулируют движение как элемент, необходимый для понимания «фюсиса», «однако, почему оно есть и какое именно, они этого не говорят и не указывают причину, если оно происходит вот таким-то образом»¹⁰⁸. Мы можем, далее, рискнуть воспроизвести ход логического анализа, приведенного к разработке так называемого математического атомизма, в котором и само понятие атома, и необходимо связанные с ним понятия пространства, времени и движения выступают за теоретической определенностью, как элементы некоторой физико-геометрической конструкции. Этот ход мысли, может быть, менее подтвержден догматически, но принудительность логики имеет по меньшей мере ту же силу, что и принудительность «факта». Однако и на этом уровне, в теории дискретного пространства и времени, в «кинематографическом» представлении движения возникает гораздо больше проблем, чем решений. Попытка мысленно построить движение из сочетания атомов «чистого покоя» с «пустотой» «чистого движения» является решением в той мере, в какой любая проблема решается посредством обращения ее в постулат. «...И то, что в парадоксе Зенона о летящей стреле представляется как нечто заведомо невозможное и дискредитирующее саму идею движения — именно неподвижность стрелы в каждый отдельный момент, с точки зрения атомиста, — простое констатирование факта»¹⁰⁹. Факта, разумеется, совершенно идеального, мысленного.

Существенным было то, что в процессе понимания движения, которое при этом «усложняется», распадается на дискретный ряд неподвижных состояний, само понятие покоя как бы «двинулось», развилось. Понятие атома, доведенное до логического конца, т. е. взятое не просто как натурфилософская гипотеза, а как результат всей теоретической и мысленно экспериментирующей работы, обнаруживает свои более глубокие измерения. Атом раскрывается не просто как неуничтожимый элемент бытия или неуничтожимая форма — это прежде всего атом движения. Покой, понятый как «атом движения», как «здесь-теперь» состояние, — это покой, понятый как момент движения, как тождество результата (предшествующего) и начала (последующего) движения.

Более того, поскольку форма атома должна быть в состоянии участвовать в построении всех возможных форм, как возникающих когда-либо, так и возникающих, поскольку, следовательно, она может быть получена только из полного и законченного временного процесса¹⁰⁸, атомы не только суть всеобщие «начала», но и окончательный «результат»: из них все возникает и в них все разрешается¹⁰⁹. Соответственно этому, мы можем расщепить движение на сумму составляющих его «атомов покоя», только после того как движение завершится. Таким образом, «атомы покоя» суть начала всего процесса движения и вместе с тем результаты

уже заверщенного движения. Т. е. это то, что определяет возможность движения, и то, что является результатом осуществившегося движения.

Эту экстраполяцию атомизма мы предприняли, чтобы показать, как могла работать конструктивная, мысленно-экспериментирующая теория атомистов, сколь богато понятие атома, отнюдь не сводящееся к тождеству натурфилософскому представлению, логическим возможностям и проблемами, и каким образом атомы внутри своего собственного мышления воспроизводят и производят проблемы, которые в явном виде существовали и выделялись у монархалистических, считающимися с доксографической точки зрения решительно противоположными атомизму.

Совмещение начала и результата — одно из основных определений идеальной формы как первоосновы «эйдетического мышления» вообще¹¹⁰. Именно в конечной, результирующей форме вещи обнаруживается ее начало, сущность, причем сам процесс изготовления или возникновения не имеет значения, более того, только зная результат, мы можем пролить также некоторый свет и на процесс возникновения, потому что, — говорит Аристотель, — «ведь возникновение происходит ради сущности вещи, а не сущность ради возникновения»¹¹¹.

Мы видели, что первоначальное понятие «формы» строилось как понятие художественной формы, идеально-уравновешенной формы хорошо изготовленного произведения, в котором исчезло и успокоилось все предшествующее движение, но которое само есть явно выраженная совокупность всех возможных движений данного тела. Человек, государство и космос понимались как такого рода художественные произведения¹¹², противостоящие небытию беспредельного хаоса, варварства и смерти. В таком противостоянии исчезал основной предмет понимания — «фюсис». Космический разум, начертанный в идеальной структуре движения небесных тел и замкнутый в теоретическом самосозерцании, оставлял в потемках неопределенную сферу рождений, роста, изменения, движения, разложения и гибели. Если в результате произведения мы видим только чистое самовоспроизведение начала, то все, что происходило в самом процессе созидания, нас не может интересовать, оно и остается в темноте, не поддающейся осознанию. Проблема движения становится в этом случае и «камнем преткновения» и «пробным камнем» для понятийных конструкций, заставлявших мыслителей изменять и развивая понятие «идеальной формы», остававшееся краеугольным понятием всего античного мышления. Знаменитое место из «Физики» Аристотеля гласит: «Так как природа есть начало движения и изменения, а предметом нашего исследования является природа, то нельзя оставлять невыясненным, что такое движение: ведь незнание движения необходимо влечет за собой незнание природы»¹¹³. Именно движение (*κίνησις*), понимаемое первоначально синонимично с изменением (*μεταβολή*), в самом широком смысле

есть для Аристотеля тот предмет и тот инструмент, с помощью которого он подвергает оценке и критике существовавшие до него физические учения и преобразует всю методологию эйдического мышления.

Мы должны, таким образом, вслед за Аристотелем разобрать следующие этапы. Прежде всего посмотрим, какие изменения претерпевает понятие формы как основного «орудия» мышления в аристотелевской критике платоновского понимания «эйдоса» и «идей» как «аритмо-геометрической» формы, как мысленного вида самой сущности вещи. В результате мы получим новую модель познавательного акта и увидим, какое изменение вносит Аристотель в исходную схему деятельности, мастерства, «техне» и, следовательно, в схему самого искусства мышления. Затем необходимо будет проанализировать основную структуру этого искусства, структуру «четырёх причин» и основные оперативные понятия «донамиса», «энергии» и «энтелехии», при помощи которых Аристотель строит свою теорию движения. Мы рассмотрим затем сущностный шаг, который сделал Аристотель в понимании движения, вплоть до подведший его к построению определенного типа механики.

Во 2-6 главах III книги «Метафизики» Аристотель выдвигает 15 апорий, которые следует продумать прежде, чем приступить к построению науки. Из этих апорий нас в первую очередь интересуют те, которые связаны с проблемой отношения понятия к предмету понимания, т. е. отношения сущностных определений к тем чувственным вещам, определениями которых они являются. Ведь именно эта проблема и составляет основное содержание вопроса о предметности знания или о познаваемости предмета, т. е. вопроса о возможном эксперименте (о процессе сравнения наших понятий с понимаемым предметом). В современных терминах — это проблема теоретической идеализации.

Проблема отношения между способом существования идеи и способом существования чувственных вещей, которая ставилась и самим Платоном, например в «Пармениде», выдвигается Аристотелем в качестве основной при критике им теории идей, а также теории математической формы как эквивалента понятия.

Проблема этого отношения ставится Аристотелем двояко: 1) каков способ понимания вещей, что мы определяем в предмете как сущность, что в нем выделяет его понятие; 2) каков способ существования понятий, что мы определяем в понятии как предметное, как делающее его известным образом существующим.

Основная предпосылка Аристотеля состоит в том, что, если понятие должно быть понятием предмета, оно должно иметь с ним нечто общее: в самой чувственной вещи со всей ее изменчивостью мы должны найти то, что делает ее понятной, а с другой стороны, понятие должно включать в себя отношение к предмету, т. е. к тому, что не является понятием. Ведь теория идей, говорит Аристотель, и возникла из резкого противопоставления

«текущего» и «вечного» мира¹¹⁴. Понятие должно «находиться в вещи», то есть результатом познания должно быть некое единство понятия и вещи, понятного и непонятного. Таково новое понятие (насколько оно старое, выяснится позже) Аристотеля — понятие «сущности»: «...Идеи всегда будут представлять собой сущности. А у сущности одно и то же значение и в здешнем мире и в тамошнем»¹¹⁵, т. е. и в мире вещей, и в мире идей. Именно то обстоятельство, что для платонизма идея по способу своего существования не имеет ничего общего с теми вещами, идей которых она является, обладая вместе с тем определением бытия, и стало для Аристотеля главным пунктом разногласий с теорией идей. «...Считая, что мы указываем сущность этих вещей, мы — пишет Аристотель, памятуя свое «академическое» прошлое, — на самом деле» утверждаем существование других сущностей»¹¹⁶.

Наибольшее затруднение в таком случае представляет вопрос, «какую же пользу приносит идея по отношению к воспринимаемым чувствами вещам... Дело в том, что они не являются для этих вещей причиной какого-либо движения или изменения (т. е. не имеют отношения к их «природе». — А. А.). А с другой стороны, они ничего не дают и для познания всех остальных предметов (они ведь и не составляют сущности таких предметов, — иначе они были бы в них)»...¹¹⁷ Идея ведь как истинный вид вещи легко понимается просто как истинная вещь, она, таким образом, оказывается идеей самой себя. По мысли Аристотеля, идеальная форма, чтобы быть реальным понятием вещи, должна находиться в определенном отношении к ней, а не просто существовать в качестве ее заместителя.

Но, с другой стороны, постоянно подчеркивает Аристотель, поскольку мы занимаемся наукой и имеем целью теоретическое понятие, мы действительно мыслим об идеальных образах (траектории планет, идеальные геометрические точки, линии, плоскости), а не непосредственно о реальных вещах, «...ибо круг соприкасается с линейкой не в (одной) точке, но так, как указывал Протагор, изображая геометров; и точно так же движения и обороты неба не сходны с теми, о которых рассуждают астрономия, и астрономические точки имеют неодинаковую природу с небесными светилами»¹¹⁸. Таким образом, речь идет не о простом отказе от понятия и обращения к эмпирической индукции (а так еще частично трактуют Аристотеля), а о том, что требуется глубже уяснить ту связь, на основании которой вещь переходит в понятие, а понятие — в вещь.

Присмотримся несколько ближе к более определенным проблемам, которые составляют центр апорий¹¹⁹. Противоречие было зафиксировано уже элейцами, и вокруг него двигалась мысль атомистов. Телесность геометрической формы, т. е. то, благодаря чему телесное (предметное) может быть понятием, а идеальное (число, форма) может быть предметным, оказывается узлом про-

тиворечий и апорий. Взять, например, такой элемент, как граница тела. Является ли она чем-то телесным или нет? Если да, то неизбежно допустить вариант математического атолизма, распад тела на сумму «математических тел»¹²⁰, неделимых амер,— для античной мысли понятие весьма парадоксальное. Точка, которая в непрерывной линии была единственной, превращается в две точки, если разделить линию в «окрестности» этой точки. Движение должно исчезнуть в сумме состояний покоя, так как неделимая точка не может «пересечь» границу своего места (у нее для этого нет частей)¹²¹. Но, с другой стороны, опять возражает самому себе Аристотель, только геометрическая форма, совокупность плоскостей, линий и точек может дать образ сущности вещи. «Если сущностью является главным образом тело, а в большей мере, чем тело (такowymi должны быть) геометрические величины, но (<в то же время>) эти последние не имеют реального бытия и не представляют собой каких-бы то ни было сущностей,— в таком случае от нас ускользает, что же есть сущее и какова сущность вещей»¹²².

Но основным критерием является по-прежнему проблема движения. «Математические предметы чужды движению»,— постоянно подчеркивает Аристотель. «...Откуда получится движение, когда в основе лежат только предел и беспредельное, нечетное и четное...?» — задает он вопрос¹²³. В не меньшей степени чужды движению платоновские идеи, эти умопостигаемые числа. «В «Федоне»,— говорит Аристотель,— высказывается та мысль, что идеи являются причинами и для бытия и для возникновения «вещей»; и, однако же, при наличии идей вещи, «им» причастные, все же не возникают, если нет того, что произведет движение...»¹²⁴. Либо сами идеи должны двигаться, что противоречит их определению, либо останется неясным, откуда же появилось движение: «в таком случае все исследование природы оказывается упраздненным»¹²⁵. Мы могли бы привести огромное число подобных высказываний¹²⁶, где Аристотель критикует понятие идеи именно за то, что оно не способно справиться с проблемой движения. Но, с другой стороны, замечает тут же Аристотель, ни состояние, ни движение, ни отношение не могут быть определениями сущности, потому что они всегда суть состояния, движения, отношения чего-то, что испытывает состояние, участвует в движении, находится в отношении: «ведь мы познаем все вещи постольку, поскольку они некоторым образом представляют одно и то же и поскольку существуют что-нибудь всеобщее»¹²⁷.

Итак, когда мы пришли к необходимости преобразовать основную схему понятия, перед нами снова встает вопрос о способе отождествления предмета с самим собой в некотором процессе движения или в некоторой системе отношений. Математическая форма оказывается только особой идеализацией, предметом, рассмотренным постольку, поскольку в нем можно мысленно выделить математическую форму и изучить его не как таковой, а в

том отношении, в каком он является, например, единым или кривым. «...Именно так будет обстоять дело и с геометрией. Если предметы, которые она изучает, имеют приходящее свойство — быть чувственными, но она изучает их не постольку они — чувственные, в таком случае математические науки не будут науками о чувственных вещах, однако они не будут и науками о других существующих отдельно предметах за пределами этих вещей»¹²⁸. Вот, следовательно, как у Аристотеля вводится в понятие предмета само отношение между понятием и предметом. Вещь сама по себе всегда включает в себя непрерывный и аморфный субстрат — непознаваемое¹²⁹, который принимает в себя различные формоопределения в зависимости от того, в каком отношении мы его берем. Соответственно, в материи нет никаких реально существующих форм, плоскостей, линий, точек¹³⁰. Все это она только может принять в себя со стороны некоторого деятельного начала, подобно тому, как каменная глыба принимает форму Гермеса, предварительно, разумеется, не содержа ее в себе, или, точнее, содержа любую другую форму¹³¹. «...Самое последнее, (<что лежит у всего другого в основе>), если его брать само по себе, не будет ни определенным по существу, ни определенным по количеству, ни чем бы то ни было другим»¹³². Но вместе с тем материал не может быть началом определенности, не может быть, следовательно, определением сущности вещи. В той мере, в какой форма-понятие перестает отождествляться просто-напросто с истинным видом предмета, а определяется только как «сечение или предел», встает вопрос, что же такое предмет сам по себе, что входит в него помимо формы, определенной некоторым особенным его разрезом. Т. е. как говорит Аристотель, в чем «суть его бытия» (*ti ti ēn ēinai*)¹³³. В чем его истинность? Каковы его начала и причины?

Какова же в таком случае для Аристотеля модель того «тех-не», искусства-мастерства, всеобщей формой которого является искусство мышления?

Мы помним, что внутренним противоречием доаристотелевского развития понятия идеальной формы, частично включая и атомистов, было то, что в нем результат полностью совпадает с началом, т. е. понятие-форма, подобно произведению классического греческого искусства, есть идеальное выражение своего предмета. Именно само произведение искусства, понятие как чистая схема формирования вообще, была для классической античности моделью также и теоретического понятия. Идеальная гармония и художественная пластичность космоса, чистая симметрия движения небесных тел, заверщенный в себе образ логоса-закона, управляющего вечной сменой рождения и гибели,— все это идеалы «эйдети-ческой» науки в ее классической форме, науки, которая стремилась увидеть в природе прежде всего совершенный и хорошо закругленный пластический образ. Статичная структура космоса (доведенная элеатами до логического конца) понималась как истина

«фюсияса», и в блеске этого солнца выцветал и исчезал мир античной природы. Но «незнание движения влечет за собой незнание природы»¹³⁴. Аристотель должен был произвести радикальный пересмотр основных начал и исходных идеализаций мышления, но в не меньшей степени он должен был изменить представление о самом предмете изучения, а также и представление о цели исследования. Присоединив к вечному и совершенному наддунному миру мир подлунный, изменчивый, гибнущий и рождающийся, Аристотель тем самым дал онтологический коррелят своей логической проблемы отношения между понятием и предметом и ввел проблему этого отношения в сам исследуемый предмет. Он разделил художника-мастера и произведение его творчества, результат и начало, деятельность ремесленников и самодеятельность демиурга, практическую опытность и теоретическое знание. Но он не упразднил идеал понятия как формы.

Форма есть «суть бытия»¹³⁵, которая определяет весь процесс возникновения или создания вещи. Однако теперь важно то, что она используется именно с целью понять сам процесс, в результате которого она возникает. Если проблема движения с самого начала явно ставится во главу угла, то внимание должно быть обращено не только на структуру готового произведения, но и на те формальные моменты, которые составляют условия его изготовления. Чтобы суть построить в мысли (понять) процесс, движение, мы должны посмотреть, как мы организуем его на практике.

Ведь, с одной стороны, само искусство мышления есть некоторая деятельность, мастерство, техника мысленного экспериментирования. Его, следовательно, можно анализировать как некоторую всеобщую, принципиальную, сущностную схему деятельности. С другой стороны, сам способ деятельности природы может быть понят в соответствии с этой всеобщей схемой деятельности, так что самодеятельность природы отличается от человеческого ремесла не структурой своих основных моментов, а тем, что в природе они отнесены к одному и тому же субъекту.

Процесс деятельности, всеобщая схема искусства-ремесла как такового предстает перед Аристотелем в следующем виде¹³⁶. Есть сам *мастер*, обладающий умом, душой, телом, навыками своего искусства, инструментами и орудиями. Ему необходим *материал* (материя), который пригоден для изготовления задуманных предметов. «В душе» мастера должен присутствовать сам *замысел* изделия, его понятие, форма-проект того, что он собирается сделать. Однако замысел (схема процесса, предварительно данная в мысли, мысленная конструкция движения) не исчерпывается только определением формы изделия. Сама эта форма, с одной стороны, определяется и мысленно конструируется в соответствии с тем *местом*, которое она должна будет занять в системе целого (в человеческой жизни, в природе или в логической системе), она с самого начала понимается как форма, заключающая в себе то функционирование, то движение, к которому она предназна-

чена (определение целью). С другой же стороны, форма изделия, эта непосредственная цель процесса изготовления, сама определяет план и схему деятельности мастера: выбор инструментов, порядок операций, приемы работы. В первом случае форма — результат мысленного построения из целевого определения — понимается как то, в чем заложены определенные *возможности* движения. Во втором случае форма — источник, определяющий схему замысла его изготовления, — понимается как *результат* процесса, как изделие, как продукт определенной системы движения¹³⁷. Порядок движения мысли противоположен порядку практических действий¹³⁸. «Первое по понятию» является «последним по бытию» и наоборот, «единое по понятию» (сам процесс, осуществление замысла) является «различным по бытию» (сумма моментов, необходимых, чтобы процесс мог начаться).

Такова всеобщая схема деятельности, согласно Аристотелю. Всеобщая, т. е. содержащая основные конструктивные моменты деятельности мышления и основные начала природных процессов. Но в природе «и то, из чего вещь возникает — природа, и то, с чем она сообразуется при возникновении — природа... и также то, действующим чего вещь возникает, это — природное бытие того же вида»¹³⁹. Поэтому «...когда кто-нибудь вращает сам себя, на такого человека похожа природа»¹⁴⁰. А это означает, что в самой природе сверху и неразличными в своем единстве моменты, которые в практике человеческого ремесла раскрыты в форме разных по бытию и различных по виду элементов, так что мысль, приводящая их в единство, может, наоборот, различить их в единстве природы, т. е. осуществлять ее конструктивное познание. Здесь (в теоретических науках) положение меняется, и то, что является «единым по бытию», становится «различным по понятию». Вот, стало быть, каким образом анализ всеобщих начал и оснований «искусства» как такового¹⁴¹ позволяет нам разработать систему понятийных средств (мысленных орудий) исследования природы. То, чем для искусственной вещи является структура искусства, для естественной вещи — ее природа (*φύσις*). Поскольку же искусство это и есть «логическое выражение» (понятие) предмета этого искусства¹⁴², то мы сможем дать «логическое выражение» любому естественному предмету, если сумеем понять его как результат, продукт известного рода деятельности (природного «искусства»).

Следя, главным образом, рассуждениям «Метафизики», «Физики» и «Аналитики II», можно, кажется, определять тип аристотелевской методологии изучения природы, как состоящей из следующих неравноценных этапов.

1. Обособление предмета изучения, вообще (*τὸ ὅτι*) того, что подлежит пониманию, — это результат наблюдательной опытности (*ἐμπειρία*), индуктивно-эмпирическая стадия¹⁴³, родовидовая классификация, определение специфической материи и специфических форм, образующих единичные предметы данного

рода¹⁴⁴. (Это — этап, первый «для нас», но не «по природе».)

2. Исследование предмета, формирование его понятия, т. е. раскрытие его как предмета возможного искусства. Мы должны ответить на вопрос, почему (*τὸ διότι*) именно эта форма соединена именно с этой материей¹⁴⁵. А именно, в каждом акте познания мы должны искать определенную форму всеобщей схемы образования вещи из начал или же стоящую в тесной связи с этой схемой структуру причин, т. е. необходимых *условий образования вещи*. В соответствии с тем, что мы только что выяснили, Аристотель находит — с некоторыми незначительными вариациями¹⁴⁶ — структуру четырех причин и трех начал (т. е. всеобщих причин естественных процессов). Три начала — это то, в чем происходит процесс (общий и равнодушный к процессу субстрат, без которого, однако, нет смысла говорить о процессе), то, из чего происходит изменение (определенная возможность данной вещи, ее зародышевое бытие, фиксируемое главным образом отрицательное — как «лишенность» (*στέρησις*), как отсутствие того, что подлежит возникновению), и, наконец — *форма*, определенный образ возникающей вещи¹⁴⁷.

Структура причин обща у естественных и искусственных вещей, поэтому она ближе всего выражает разобранную нами связь искусства мышления с практическими искусствами (ремеслом). Причины следующие: действующая, материальная, формальная и целевая. Каждая из них есть особая форма: форма действующей причины — это структура орудий и операций, форма материальной причины — то, что определяет «архитектонику производящего искусства»¹⁴⁸, необходимость выбора подходящего материала, формы целевой причины — структура той системы, в которой данная вещь будет функционировать, т. е. двигаться по определенным траекториям.

3. Наконец, мы должны дать теоретическое определение вещи, определение «сущи бытия» данного рода, того, что полагает его как таковой, единый, неделимый и качественно отличный от других родов, т. е. сформировать понятие идеального объекта (объекта как замысла в системе цель-действие), мы теоретически реконструируем то, что выступало вначале как эмпирически зафиксированный предмет исследования. Но «быть единым... значит «быть целым и неделимым», а в наиболее точном выражении — «быть исходной мерой для каждого рода» и главным образом для количества»¹⁴⁹. Определение сущности рода как *мерной единицы*, дает нам критерий теоретического определения объекта: его измеримость. Каждый объект познается как измеримое, т. е. сущностно подобное мерной единице, и, таким образом, вновь воспроизводится некоторая арифмо-геометрическая структура (построенная по аналогии с сущностной единицей), а специфика способа построения определяет видовое отличие. Равным образом воспроизводится атомистическая концепция построения предмета из неделимых, только уже с принципиально

ным пониманием самой неделимости. «Единое неделимо потому, что первое в каждом роде вещей неделимо»¹⁵⁰. Единое это «мера своего рода», единица-сущность, позволяющая отождествлять разные вещи одного и того же рода, как бы различно они ни выглядели, единица, которая дает возможность измерять (высокий дом — низкий дом; медленное движение — быстрое движение), считать (А — есть ложка и В — есть ложка, хотя по виду не похожее на первое, значит, перед нами два ложка). Не из одних и тех же атомов, безразличных к конкретному виду вещи, составляется любая сущность, — но цветное из цвета, мелодическое из мелодий, звучащее из звуков, геометрическое из геометрических единиц, движущееся из движений — в каждом роде своя единица, свое количество. Разумеется, при этом, во-первых, встает вопрос о четком определении родов, по которому определяются также и соответствующие науки, и далее — вопрос о единых мерах, т. е. о единой сущности для разных родов. Мы увидим чуть позже, как Аристотель решает эту задачу в случае движения.

Итак: индуктивно-эмпирическое описание предмета; исследование его структуры как продуктов возможного «искусства» (анализ по четырем причинам) и теоретическая реконструкция сущностной единицы — такова структура научного процесса.

И тем не менее мы не можем еще даже с помощью такого богатства операций и форм подойти к проблеме движения. Действительно, откуда получится движение, если у нас имеются только орудия, проекты и цели. Вопрос этот заставляет нас обратить внимание на некоторые важные понятия Аристотеля, до сих пор оставленные нами в тени.

Условие фундаментального мысленного эксперимента Аристотеля таково: имеется обрисованная нами в общих чертах техника мысленного конструирования, с одной стороны, и, с другой — предмет, который должен подвергнуться испытанию всю мощь этой техники, а именно движение. Прежде чем рассмотреть, как Аристотель проводит этот эксперимент, надо выяснить, что в этой структуре причин-форм позволяет Аристотелю понять их как причины-движения, как определения процесса изменения, образования, порождения.

Мы должны ответить на этот вопрос, на первый взгляд, парадоксально: именно *само движение, понимание которого есть цель Аристотеля, выстраивает и формирует структуру орудий, операций и приемов его понимания*. Возможность понимания движения, изменения, становления предмета другим исключается, если понятие предмета, т. е. вид его существенного бытия, понимается лишь как некий интеграл по всему процессу существования предмета. Напротив, понимание движения становится возможным, если в его основу будет положено отношение между предметом в форме существования и предметом в форме сущности, если, иными словами, оба момента будут даны в строении *одного*, понятия.

Мы помним, что отправным вопросом аристотелевой критики было именно это отношение: чем способ существования понятия отличается от способа существования вещи, в чем связь их несовместимости с их взаимопределением? Когда же мы определяем понятие как предмет, данный в форме *замысла* некоторого процесса как *возможный предмет*, и, наоборот, определяем предмет как понятие, данное в форме продукта, результата, как *осуществленное понятие*, — мы устанавливаем эту таинственную связь, включая между ними звено *процесса*, которое в равной мере и разъединяет и соединяет их.

Только потому, что Аристотель с такой определенностью включает движение в само понятие мышления, становится возможным существенно продвигнуться в понимании движения.

ным существенно продвинутому в понимании диалектики. Фундаментальными оперативными понятиями платоновской логики являются понятия *возможности* (потенции, способности, замысла, намерения), *энергии* (деятельности, осуществления, актуализации) и *энтелехии* (действительности, завершенности, достигнутой цельности, насущности, которая определяет единство постигнутой цельности, насущности, которая определяет единство процесса, замыкая его в нечто целое, самовоспроизводящееся) [1].

Каждая вещь совершает определенный круг бытия, ее сущность, ее предназначения и необходимый в единстве целого. Это — ее энтелехия, ее действительная форма, по-видимому, тождественная с определением сути бытия. Энергия, или действительность, есть та самая определенная форма движения, в которой актуально присутствующая энтелехия¹⁵². В действительности — будь это изготовленная вещь, мышление или чувственное восприятие — то, что составляло до нее различные сущности (действующее и принимающее действие, страдальческое, форма и материя), становится тем же самым¹⁵³. Что существующее может находиться в состоянии возможности — это есть основание того, что существует множество и разное, по отношению к чему только понятие способно увидеть его возможное единство. И поскольку движение мы можем понять как осуществление некоторой возможности, оно приобретает законный статус существующего и доступного теоретическому знанию.

Понятие возможности (*dύναμις*) у Аристотеля чрезвычайно богато смысловыми оттенками: это сила, мощность, способность, абстрактная возможность (что из мальчика выйдет полководец), конкретная возможность (что из взрослого солдата выйдет полководец), со всеми промежутками, стадиями и т. д. Оно включает в себя и позволяет развивать динамическое понимание формы, о чем мы уже говорили (стр. 46)¹⁵⁴. Поскольку, во-первых, возможности и способности мы не можем наблюдать, но только мыслить, понимать, поскольку, во-вторых, все, что мы мыслим в предмете, есть только некоторая возможность, потенциально присутствующая в нем¹⁵⁵, мы здесь находим наиболее отчетливое выражение того, как решает Аристотель основную для нас проблему отношения между понятием и предметом.

Понятие реально существует не так, как существуют идеи у Платона, но оно и не ведет просто призрачное существование «в душе». Понятие есть *двукая вещь, поскольку она рассматривается как возможность первой (понимаемой)*, оно, таким образом, есть действительно «нечто другое», чем предмет понимания, и вместе с тем имеет реальное отношение к нему.

Мы потому столь подробно останавливаемся на этой проблеме, что она представляет собой фундаментальнейший момент в понимании сущности эксперимента, и мы сможем убедиться в этом еще не раз. Здесь выясняется, что объект познается в той мере, в какой он *способен* подвергнуться определенному преобразованию. А эксперимент есть не что иное, как система операций, ставящих предмет в такие условия, в которых он обнаруживает свои возможности к изменению, преобразованию, «становлению другим», оставаясь тем же самым предметом по неделимой «сущи своего бытия». Именно этот смысл и вкладывается Аристотелем в познание предмета, поскольку оно состоит в выяснении существенных потенций, способностей (*δυνατότητα*) предмета стать другим. Но познание для Аристотеля не ограничивается лишь этим. Такая способность — это только «пассивная способность», т. е. те ограничения, которая накладывается сущностной формой предмета при возможном воздействии на него. Согласно Аристотелю, не следует также забывать и об «активных способностях» объекта, т. е. его возможности выполнять свое назначение, достигать свою цель, функционировать в системе целого. Во втором случае мы получаем понятие о возможном движении предмета с точки зрения целевой (конечной) структуры, в которую он включен.

Раскрываемое Аристотелем отношение понятие-предмет подразумевает более детальную разработку научно-исследовательской деятельности. Понятие «возможности» в соединении с понятием «сущности» позволяет избежать слияния сущностного объекта с его идеальной формой. Форма есть «суть бытия», существенная форма, при этом все, чем отличается чувственная вещь от своего понятия, становится не «несуществующим» ($\mu\acute{\epsilon}\tau\acute{\epsilon}\nu$), а несущественным, акцидентальным. В. П. Зубов отмечает, что внимание Аристотеля устремлено не только на то, что вещь есть в своей сущности ($\tau\acute{\iota}\ \epsilon\sigma\tau\acute{\iota}$), но и на то, что ей может «приключаться» или что с ней может приключиться, а «приключаться» ей может неопределенно многое¹⁵⁶. Соответственно этому Аристотель различает необходимое то, что случается с вещью согласно ее собственной природе, ее «суть бытия», ее существенной форме, затем — вероятное ($\epsilon\iota\kappa\acute{o}\varsigma$) то, что «в пределах возможного может случиться и иначе»¹⁵⁷, и, наконец, случайное ($\alpha\pi\acute{o}\ \tau\omicron\upsilon\chi\eta\varsigma$) — беспричинное, сопровождающее события только по совпадению. «О неопределенной «возможности» нет ни науки, ни непосредственный силлогизма, так как отсутствует твердо установленный средний «термин». Но о происходящем по природе «вещей» есть. И обычно рассуждения и исследования бывают о том,

что возможно в этом (последнем) смысле»¹⁵⁸. Здесь речь идет о доказательной науке (*ἐπιστήμη*), но познание, исследование прежде всего должно уметь отличать существующее от несуществующего, идеализацию, «соответствующую природе (души) вещи», от случайной и привходящей идеализации, — оно должно уметь поставить вещь в такие условия, в которых она оборачивается к наблюдателю существенной стороной, т. е. уметь экспериментировать.

Так раскрывается и конкретизируется аристотелевский замысел включить в понятие реальное отношение к понимаемому предмету. Это означает присоединить к существенной форме бесконечный мир «прилежащегося», источник ошибок; присоединить к идеальной форме непознаваемую материю¹⁵⁹, которую можно определить только отрицательно; определенное конечное деление понять как потенциально-мысленную делимость неопределенной непрерывности; неизменный и вечный космос надлунного мира дополнить подлунным миром «фюсиса»; рассмотреть наряду с художественным произведением также и мастера, создающего его.

Движение, которое и составляет актуальное осуществление всех этих связей, которое каждый раз реально осуществляет то, что нужно соединить в мысли, составляет поэтому основную проблему мышления.

Мы должны теперь кратко рассмотреть как же конкретно действует техника аристотелевского мышления в решении этой проблемы, каков его результат. Основное внимание мы обратим на два момента: 1) как Аристотель решает апорию Зенона — центральный пункт всей проблемы¹⁶⁰ и 2) как он формирует понятие движения в смысле его сущностной мерной единицы.

Анализируя начала движения, Аристотель устанавливает, во-первых, что для того, чтобы осуществлялось движение, должны иметься различия в том «из чего» и «во что» происходит движение (например, верх — низ, теплое — холодное и т. д.). Поскольку имеется по две возможности (неопределенное и определенное) для каждого из начал, то нужно рассмотреть четыре типа. Первый: «неопределенное — неопределенное» — не есть вообще нечто; второй: «неопределенное — определенное» — возникновение; третий: «определенное — неопределенное» — уничтожение (эти два типа не относятся к движению, поскольку здесь нет того, что движется, нельзя же возникнуть наполовину; поэтому такое движение «по сущности» или «по противоречию» не рассматривается) и наконец, «определенное — определенное». Поскольку мы рассматриваем только всеобщие определенности, то они соответствуют категориям: качество, количество, и место. Соответственно, следует рассматривать три вида движения: изменение (качественное), рост и перемещение.

«А так как по каждому роду различается, с одной стороны, бытие в возможности, а с другой — (бытие) в реальном осуществ-

лении, то я под движением разумею реальное осуществление того, что является возможным, поскольку оно таково»¹⁶¹ (или в «Физике»: «...Движение есть энтелехия существующего в потенции, поскольку оно таково»¹⁶²). При этом важно заметить, что эта энтелехия, это реальное осуществление происходит только потому, что нечто способно двигаться, а не потому, что оно имеет такую-то сущность, а это значит, что для реального осуществления движения нужен еще внешний двигатель.

Такое определение самого процесса движения через возможности движения, которые могут быть вполне четко зафиксированы в некоторых геометрических структурах, определение, кроме того, делимости проходимого пути и протекшего времени как потенциальной, а не актуальной разбитости на сумму атомов покоя позволяет Аристотелю существенно продвинуться в решении зеноновских апорий¹⁶³. Время непрерывно и не слагается из неделимых «теперь»¹⁶⁴, но каждое «теперь» есть произвольно положенная граница, которая на самом деле есть состояние: с одной стороны, вполне определенный результат предшествующего движения, с другой — определенная возможность последующего движения, которое само по себе имеет вполне определенную цель — конец (форму законченности, цельности). Она и является тем, что позволяет определять (отсчитывать, измерять) различные этапы движения и весь его процесс целиком, т. е. изучать его при помощи все тех же идеальных форм, которые и для Аристотеля остаются эквивалентом понятия.

В любой области современной науки, которая возникала и развивалась самостоятельно, не как ответвление механики, мы исследуем соответствующий вид движения по этой аристотелевой схеме, например в термодинамике, которую Гиббс всю построил как систему уравнений термодинамических потенциалов. Более того, понятие симметрии фундаментальных пространственно-временных структур обнаруживается теперь как центральное понятие любого физического учения, определяющего закон движения¹⁶⁵. Это то, как не «структура естественных мест», определяющая как меру силы (насилственности движения), так и форму «естественного» движения: движение по кругу, как это у Аристотеля, движение по инерции в бесконечном однородном и изотропном пространстве, как это было в классической механике, или движение по геодезической, как это имеет место в релятивистской механике. «Перемещение — это не процесс движения... Перемещение — это интегральный образ. Исходная точка этого образа не то, что характеризует «начало движения» (его действительно не обнаружить), но то, что предшествовало движению как его возможности (естественное место)»¹⁶⁶.

В третьей стадии теоретической реконструкции перед Аристотелем встает чрезвычайно важная проблема определения единицы движения, того, чем можно измерять движение, короче говоря, проблема общей и онтологической меры движения. Находя это

движение — единицу, — Аристотель, собственно говоря, впервые и дает конструктивное понятие того, что такое движение, а именно равномерное круговое движение, первое по понятию, и по бытию, и по времени. Мы остановимся на этом подробнее, поскольку именно здесь разрабатывается основа физического (механического) эксперимента в строгом смысле слова.

Часто, фиксируя у Аристотеля лишь те четыре вида движения, о которых мы говорили выше, противопоставляют «эмпирическое» представление об «изменении» у Аристотеля теоретическому понятию движения в механике Нового времени¹⁶⁷. Однако Аристотель отнюдь не останавливается на простой классификации движений и на эмпирическом описании их. Аристотелю ясно, что, поскольку понятие «движение» в применении к разным родам не является простым омонимом, должно быть единое начало движения и единая мера его¹⁶⁸. Поэтому встает вопрос о сравнимости разных движений (в каком смысле их можно сравнивать? Не сравнивают же качественное состояние и величину или траекторию?)¹⁶⁹. Формальная мера сравнения — это скорость, которую мы каждый раз можем определить исходя из двух общих начал движения: 1) всегда определенного интервала изменения (начальное «из чего» и конечное «до чего»), величина которого не зависит от вида изменения (так что в качестве общей меры можно взять пространственный интервал) и 2) единое для всех процессов течение времени («ведь время никогда не делится на виды»¹⁷⁰). Таким образом, пространственное движение уже может быть выбрано общей мерой всех изменений, взятой в формальном смысле. Но вопрос касается также и реальной возможности сравнения, единого *начала* движения.

Важнейшим положением Аристотеля является то, что «каждый род должен измеряться своей собственной единицей»¹⁷¹: цвет — цветовой, звук — звуковой, движение — движущейся. Благодаря этому можно избежать механистической потери качеств в существенном составе природы, а также механистического распыления единого на «ворох» безразличных друг другу (не взаимодействующих) частей¹⁷². Именно такое понимание мерной единицы снимало для Аристотеля элейские трудности, потому что движение уже не надо было составлять из совокупности состояний покоя, а можно было *измерять* посредством единицы, которая сама есть некоторое элементарное, неуничтожимое движение. Оно же является также и реальной первопричиной любого движения, не возникавшим и не подлежащим уничтожению двигателем¹⁷³.

В таком случае мы должны были бы найти такие действительно существующие единицы для каждого рода изменения: вечно совершающееся «побеление» или «убывание». Никакого движения без всегда предшествующего ему уже осуществленного движения быть не может, иначе снова пришлось бы решать зеноновскую проблему возникновения движения и остановки.

Аристотель, впрочем, находит, во-первых, что рост и качественное изменение не всегда обладают такими свойствами (непрерывности, однородности) «первого движения», а, во-вторых, в этих родах движения существует определенная иерархия (по обусловленности). Рост это прибавление однородного к однородному, но происходит он (например, в случае питания) через присоединение первоначально инопородного, следовательно, он предполагает качественное изменение и оно «первое» количественного роста. Далее, чтобы происходило движение, двигатель должен быть в непосредственном контакте с движимым¹⁷⁴ и, стало быть, должен предельно приблизиться к движимому. Кроме того, всякое качественное изменение предполагает сгущение или разрежение, т. е. соединение и разделение. А это значит, что перемещение предшествует всякому качественному изменению и является общим условием обоих родов движения, т. е. является «первым»¹⁷⁵. Именно перемещение удовлетворяет условиям «первого движения», единого по роду и сущности: оно непрерывно и то, что перемещается, неизменно в иных отношениях — именно таким движениям могут даться вечные и неизменные сущности.

Но род перемещений включает в себя разные виды, а «первое» движение должно быть также единым и по виду¹⁷⁶. Аристотель полагает, что всем требованиям первого движения может удовлетворить только равномерное движение по кругу. Оно едино по роду и виду, оно действительно непрерывно, «ибо круговое движение идет из одной точки в ту же самую, а движение по прямой из одной в другую...»¹⁷⁷. Здесь определяется основа проектируемой Аристотелем механики — свойства симметрии его вселенной, структура «естественных мест», — в которой предопределены основные законы движения, в частности, например, своеобразный принцип инерции: «...Целое, — говорит Аристотель, — всегда пребывает в известном рода покое и в то же время непрерывно движется. Получается взаимное отношение: так как окружность есть мера движений, ей необходимо быть первой (ведь все измеряется первым); с другой стороны, так как она первая, она мера всему прочему. Далее быть равномерным может только одно круговое движение, так как тело, движущееся по прямой, неравномерно движется в начале и в конце, ибо все движется быстрее, по мере того как удаляется от состояния покоя; только у кругового движения нет ни начала, ни конца в нем самом; он находится извне»¹⁷⁸. Все это сказано достаточно ясно, чтобы понять, что круговое движение в механике Аристотеля играет ту же роль, что прямолинейное равномерное движение в пустоте — в механике Нового времени.

Весьма примечательный факт, что Аристотель строит свою механику в постоянном мысленном экспериментировании с такими возможностями¹⁷⁹, которые как раз и станут основами классической механики. Он отвергает существование пустоты и бесконечного прямолинейного движения как абсурдные допущения:

«Никто не сможет сказать, — полагает Аристотель, — почему тело, приведенное в движение, где-нибудь остановится, ибо почему оно скорее остановится здесь, а не там? Следовательно, ему необходимо или покоиться, или бесконечно двигаться, если только не помешает что-нибудь более сильное»¹⁸⁰. Вообще чистая потенциальность всего бесконечного равносильна для Аристотеля непознаваемости и даже несуществованию, поскольку всякое понятие может быть получено только из анализа структуры абсолютно актуального, завершенного состояния. Именно в этих всеобщих принципах мышления, которые для позитивной науки становятся недоказуемыми аксиомами¹⁸¹ и находятся «некоторым образом в самой душе»¹⁸², мы должны искать логические основы Аристотелевской физики, дававшие ему возможность конструктивно понимать, а не просто коллекционировать разнообразные мнения.

Таким образом, поскольку движение есть сущность всякого изменения, природа природы, а перемещение — первое движение как по бытию, так и по понятию, то наука, изучающая перемещение, является фундаментально-физической наукой. Логический анализ проблемы движения, проведенный Аристотелем, обнаружил именно механику в качестве той науки, которая дает как понятийный, так и инструментальный аппарат для всей физики. В ней мы находим три основных начала любой физической науки: 1) связь пространственно-временной структуры с фундаментальными законами движения («структура естественных мест», всеобщая космическая симметрия), о котором мы уже говорили; 2) существенную меру движения, т. е. естественную схему движения, которую можно использовать для измерения движения и которая представляет собой не что иное, как определение движения с точки зрения его возможной измеримости. (Аристотелевское определение «первого движения» — этой всеобщей единицы и меры движения — есть конструирование именно такой схемы; заметим, что формирование этого понятия движения-меры теснейшим образом связано с определением *времени*. А именно круговое движение есть, как мы знаем, мера движения, но и время есть мера движения, «число движения» как длящегося, незаконченного¹⁸³, «так как время есть мера движения и нахождения тела в этом состоянии и измеряет движение путем отрицания определенного движения»¹⁸⁴. Следовательно, единица движения и единица времени одно и то же: «временем отмеренного движения измеряется количество и движения, и времени... Оттого время и кажется движением сферы, что этим движением измеряются прочие движения и время измеряется им же»¹⁸⁵, иначе говоря, в равномерном круговом движении мы имеем единичу течения времени); наконец, 3) способ и орудие экспериментально-теоретического исследования «местного движения», движения в изменчивых условиях земли, и в заключение мы скажем несколько слов о нем.

Если первое начало механики позволяет изучать движение по его «активным возможностям», т. е. рассматривать структуру абсолютно законченного движения (структуру естественных мест) как потенциально достижимую (при насильственном удалении тела со своего места), то последнее начало служит основанием для исследования движения по его «пассивным возможностям». Здесь нашей целью должно быть обнаружение такой всеобщей (идеальной) формы, которая допускала бы перевод параметров ее геометрической структуры в определенные параметры возможного движения, причем так, чтобы двигатель и движимое не были бы разными сущностями (иначе движение определялось бы не только формой, но и скрытым двигателем). Эти две возможности, «активная» и «пассивная», составляют две важнейшие области механики: динамику и статику. Что касается динамики, то тут Аристотель попытается дать известное полумышечное определение движения, согласно которому отношение скоростей движения равных грузов пропорционально отношению приложенных сил, иначе говоря мерой двигательной силы была выбрана скорость¹⁸⁶. Это вполне естественно для мира Аристотеля, в котором движение немислимо без сопротивляющейся среды. В этой связи можно упомянуть еще кинематические фрагменты — теорию свободного падения Аристотеля¹⁸⁷ (мысленные эксперименты с падением становятся в дальнейшем вплоть до времен Галилея чуть ли не центральным пунктом критики Аристотеля) и, наконец, самую шаткую и, можно сказать, роковую для Аристотеля теорию движения брошенного тела, так называемую теорию «антиперистасиса»¹⁸⁸.

Именно *статику* удовлетворяла всем требованиям, которые можно было бы предъявить, чтобы с позиции Аристотеля теоретически изучать движение. Изучение движения в возможности, в состоянии перехода от покоя в движение, в состоянии безразличия между покоем и движением — это не что иное, как изучение состояния равновесия. Здесь чистая структура формы определяет все возможные движения, так что геометрические параметры свободно превращаются в кинематические, двигатель в сущности тождествен движимому, так что они свободно меняются ролями, а в состоянии равновесия нет ни двигателя, ни движимого.

Логическое обоснование статики — наиболее существенный результат Аристотеля в разработке теории движения. Мы увидим в следующей главе, как на базе статики разрабатывается уже в аристотелевской школе теоретическое экспериментирование.

Теоретическое наследие Аристотеля обнаруживает поистине необъятные богатства даже в аспекте нашей, сравнительно узкой темы.

Система аристотелевских понятий логики научного исследования настолько глубоко определила развитие научной мысли на протяжении почти двух тысяч лет, разработка методов науки Но-

ФИЗИКА И МЕХАНИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ЭПОХИ ЭЛЛИНИЗМА

вого времени находится в такой тесной — явной и неявной, негативной и позитивной — связи с нею, наконец, она оказывается столь продуктивной для понимания логики и современной научной работы, что значение ее трудно переоценить. В частности, мы находим здесь одно из немногих в истории науки явных свидетельств того, в какой существенной связи находится философское мышление, теоретическое построение и собственно-позитивное-научное исследование. Мы видим, далее, что проблема эксперимента имеет гораздо более глубокие корни, чем мы привыкли думать, что она обретает полный смысл, только если ее рассматривать в контексте определенной формы теоретического мышления в целом, вместе с его философским обоснованием.

Основное противоречие аристотелевой физики и проблема эксперимента

Мы могли уже заметить, что по мере того, как определенная система «эйдетического» мышления доходила в своем понимании «фюсиса» до фундаментальных (универсальных, всеобщих) положений (о том, что есть «природа» поистине), она обнаруживала свою собственную противоречивость в том, что «вид» этой истины оказывался в решительном противоречии с видом чувственно наблюдаемой природы. Поскольку же истинный вид был видом бытия самого по себе, то чувственный приходилось объявлять несуществующим ($\mu\acute{\epsilon}\ \delta\upsilon$).

Логической формой этого противоречия была проблема движения, а конкретный способ решения проблемы движения представлял собой также и определенное изменение в самом механизме движения логики.

Если определение «ясного, точного и истинного» состоит в том, что оно есть единая и устойчивая форма, то возникает вопрос: «Можем ли мы вообще получить что-либо устойчивое относительно того, что не содержит в себе никакой устойчивости?»¹ Платона занимает здесь логическая сторона проблемы, но уже Зенон сформулировал ее как физическую.

Позитивный ответ на этот вопрос возможен только в том случае, если в теоретическом понятии удастся совместить моменты «устойчивости» (понятийности) и «неустойчивости» (предметности). Решение этой проблемы позволяет, по мысли Аристотеля, избегнуть платоновского раскола на истинный мир идей и мнимый мир вещей; задача самого Аристотеля — найти в строении понятия то, что связывает его с вещами и делает их местом его существования, а тем самым и показать, каким образом сами вещи, не утрачивая своего существования, оказываются понятными.

То единственное, благодаря чему некий предмет вообще может быть выделен в качестве самостоятельного индивида, «суть бытия» ($\tau\acute{o}\ \tau\acute{i}\ \tau\acute{\upsilon}\ \epsilon\acute{\iota}\nu\alpha\iota$) предмета, у Аристотеля традиционно связано с понятием формы. Но, будучи средоточием самого бытия, форма должна быть понята в некоем тождестве с «материей»

данного предмета: дерево может принимать самые разнообразные «искусственные» формы, но его «естественной» формой является растение-дерево, поэтому именно такая древесная форма будет иметь отношение к сути его бытия². Раз «для каждой формы иная материя»³, сущности качественно разнообразны, а исследование формы, поскольку она внутренне присуща определенной материи, и есть, согласно Аристотелю, предмет физики⁴. Но именно это «поскольку» перемещает центр исследования на проблему движения, так как ни в форме, ни в материи самих по себе (как отдельные они существуют только в понятии) нет объединяющего их начала. Оно выступает лишь в самом процессе их объединения. Сущностью природы оказывается движение⁵. Но сущностью понятия остается форма.

Вместо платоновского различия мира совершенных образов и мира несовершенных подобий Аристотель устанавливает различие двух состояний в одном и том же мире: состояния завершенности, актуальности, цельности (исцеленности) и состояния незавершенности, потенциальности, частичности. Сущность природы, ее целостно-целевая форма должна быть найдена как предмет теоретического созерцания (*θεωρεῖν*), как единая цель природы, которая должна всегда уже предшествовать всякому процессу, происходящему в природе, и делать его возможным⁶.

Движение понятие только как процесс осуществления, завершения, восполнения того, что всегда уже некоторым образом есть. «...Все происходящее обуславливается тем, что дано в осуществленном виде»⁷. Ведь человек может развиваться из ребенка во взрослого и образованного потом, что уже существуют взрослые и образованные люди, которые могут произвести себе подобного, вырастить, воспитать и обучить его (всегда есть также и государство — система занятий и знаний, которым может обучаться человек). А «...действительность по сравнению со способностью прежде (есть)», «потому что все, что возникает, направлено в сторону своего начала и цели (ибо началом является то, ради чего происходит что-нибудь, а возникновение происходит ради цели)»; между тем цель это — действительность, и ради именно этой цели принимается способность⁸. Поэтому суть бытия определяется как целая форма и действительность вещи⁹.

Форма всегда определена тем процессом, движением, в котором ей необходимо участвовать¹⁰, т. е. опять-таки формой большей системы. Это определяет процедуру «опытного» исследования природы вещей. Мы должны поймать предмет в его наиболее естественных условиях, в ситуации (энтелехии), в которой его деятельность (энергия) полностью соответствует его природе (потенции). Иначе говоря, выраженная в единой форме целостность условий, необходимых для того, чтобы предмет выявил все свойственные ему *по природе* возможности и способности, и есть «физическое» понятие этого предмета¹¹.

Однако, что мы скажем в таком случае о теоретической цели

физика, о всеобщем понятии природы? Поскольку она есть абсолютное целое и абсолютная завершенность, ее собственная форма фактически не является более формой (она не имеет частей-органов для функционирования в некой системе), она, далее, неподвижна, поскольку, будучи источником всякого движения, она сама уже не имеет никакого источника, и, наконец, она только умопостижима, ибо проявляется только в «другом», посредством действия, которое она производит в пассивном. Так, возникает «теоретическое небо» Аристотеля, предмет чистого интеллектуального созерцания, предмет особой науки (не физики) — теологии (науки о божестве)¹².

Небеса — не просто часть «природы», это наглядно данная цельность, как бы чертёж самой мировой души, обиталище перводвигателя и космического ума, сфера законченной действительности и потому источник всякого действия и жизни. В противоположность этому подлунный мир — стихия вечно незавершенная, полная разных потенций, в которой все может возникать и разрушаться, всегда оставаясь только частью лишь возможного целого.

Соответственно такому разграничению мира, внутренне разделяется у Аристотеля каждая «естественная» наука и физика в том числе. Поскольку изменчивый, гибнущий и рождающийся подлунный мир — собственный предмет физики, она изучает движение как нечто внутренне присущее движимому (отличие от механики) и как нечто всегда незавершенное (отличие от космической теологии). По той же причине физика вроде бы должна остаться эмпиричной, описательной, классифицирующей.

Однако физика углубляется в теорию. Речь идет не только об астрономии. Физик восходит к перводвигателю в поисках начал и конечных причин природной «жизни». Индивидуальное связано целостностью своей природы с целостностью природы самой по себе. Описанное эмпирически, оно *искусственно* изолировано, его предельная *естественность* коренится в умопостигаемом единстве природы. В результате чертёж естественных мест, космическая структура, определяющая жизнь всех индивидуальных «природ», оказывается *природой природы* (космический ум как «форма форм» и перводвигатель), — в качестве метафизической цели и метафизического источника физической науки.

Этот путь к подлинной природе, путь, фактически и составляющий содержание аристотелевской «Физики», ведет, как мы уже замечали, к известной *механизации* физики. 2-я глава VII книги и в особенности 7-я глава VIII книги «Физики», где перемещение определяется в качестве «первого движения»¹³, содержит соответствующий ход рассуждений.

Поскольку целое (природа природ, форма форм) не может быть предметом простого наблюдения, для наблюдающего ума оно должно быть предметом, мысленно созерцаемым, мысленно видимым за многообразием изменений, хаосом движений, порядком не-

бесных круговращений, очертаниями геометрических фигур. Любая же частность, результат эмпирической констатации или даже естественно-исторической классификации, — всегда так или иначе искусственно вырвана из контекста целого и тем самым дана в случайных условиях, в которых природа вещи выражается замутненно и обременена многими случайно приключившимися обстоятельствами.

В результате аристотелевская физика распадается на две части, между которыми по видимости отсутствует взаимопереход: — на эмпирическое описание с родо-видовым принципом связи и на спекулятивно-логическое усечение фундаментальных физических начал (собственно содержание «Физики»). Эксперимент, который мог бы служить реальным посредником между ними, отсутствует, однако не просто, так сказать, по недосмотру.

Для наблюдающего, «эйдетического» мышления характерно, что само эмпирическое наблюдение всегда уже включает в себя идеализацию, переход к общему, — действия, связанные с операцией *определения*, которое у Аристотеля и в естествознании, и в логике, и в метафизике составляет основу теоретического построения. Эмпирическое описание всегда есть *определяющее описание*. Спекулятивное усечение имеет в виду предельную определенность как форму теоретического созерцания всего в присущих каждому пределах. Идеализованный объект понимается как идеальная по форме и природе, но реально созерцаемая часть мира (небеса). Видение обосновывает понимание в той же мере, в какой понимание преобразует видение. Переход между ними не требует особой инстанции, так как они — понимание и видение — остаются принципиально однородными на всем протяжении от эмпирического наблюдения до теоретического созерцания. Их внутреннее взаимопревращение, механизм которого мы пытаемся здесь выяснить, и составляет своеобразную форму экспериментальной деятельности.

В особенности наглядно это своеобразие античной науки проявляется там, где она сопоставима с наукой Нового времени, например, в механике. Проблема движения остается сущностью общей этим двум формам ее теоретической экспликации; более того, и для той и для другой науки проблема движения оказывается равно фундаментальной, равно определяющей строение теоретической физики. Однако опыт механических искусств, ближайшим образом связанный с теоретико-экспериментальной постановкой проблемы движения, усваивается совершенно противоположным образом.

Как мы уже замечали, структура «производящего искусства» была для Аристотеля важным источником при определении основных моментов искусства понимать¹⁴. Моделирующими примерами служат преимущественно два «искусства» — врачевание и строительство. Деятельность врача близка к деятельности самой природы и максимально ориентируется на нее. Именно она долж-

на была бы быть максимально богата «физическим» знанием, а ее опыт — быть физическим по преимуществу. Труд строителя, техника «противоестествен», он направлен против природы, имеет целью защитить человека от нее, перехитрить ее, произвести то, чего природа сама не в состоянии произвести, однако, постоянно наблюдая, как это делает природа, учаь у нее, «подражая» ей¹⁵. Так что если в понимании природы мы подражаем деятельности техников, то в самой деятельности мы, напротив, подражаем природе. Однако такое противопоставление человеческих и природных целей, установление, собственно говоря, двух миров — мира природы, живущего своей самостоятельной и целесообразной жизнью, и мира людей, имеющего свои цели, часто направленные против природы, — решительно отделило исследование природы от применения искусственных условий, искусственных средств, экспериментальной техники в смысле физики Нового времени.

Мало того, всякая искусственная техника в области исследования природы, т. е. применение к этому благородному делу различных приспособлений, хитроумных средств, махинаций (*μηχαναί*), ухищрений, приемов и выдумок (*εφευρέα*), относится к «физике», как софистика к философии. При помощи хитроумно сконструированных машин можно доказать все, что угодно, и разрешить любую проблему, как развязывалась древняя трагедия, с помощью *deus ex machina*¹⁶. Но физика и философия имеют более высокую цель и необходимость в самих себе. И только движение (подобно мудрости) обще природе и технике, так что истинное движение природы должно быть противопоставлено человеческим ухищрениям и отвоено у них¹⁷. Разве можно что-либо узнать о природе из смутных пятен, появляющихся в увеличительном стекле, из действия рычагов или наклонных плоскостей?

Именно такая ситуация и создает тот широко распространенный и в известном смысле оправданный взгляд, который не просто «не находит» в античной науке эксперимента, но утверждает его логическую невозможность¹⁸. Для исследователей перипатетической науки привычно противопоставление «физики», в которой опыт принципиально ограничивается эмпирическим наблюдением и родо-видовой классификацией (метеорология, биология, медицина), и «механики», в которой опыт принципиально ограничивается усвоением искусственных приемов человеческого ремесла. Картина, впрочем, меняется, если рассматривать ее в контексте теоретической цели.

Предмет теоретического мышления — природа в целом. Но как целое, пусть и органическое, она не может стать предметом теоретического созерцания. Для него она должна предстать как единое, одно, однородное и простое: жизнь через анализ движения сводится к простой форме, имеющей лишь геометрические и кинематические определения. Теоретический анализ механических искусств также должен открыть в них единый механизм, одну

простую форму движения, лежащую в их основе и составляющую как бы *естественный* базис всех искусств. Теория равновесия, посредством которой движение отображается в геометрические формы, образует *общее основание* «физики» и «механики». Теоретическое созерцание, выражаясь по-гегелевски, снимает в себе и эмпирическое наблюдение живой природы и опыт механических искусств. Наблюдение и эксперимент предназначены лишь к тому, чтобы обратить непосредственный опыт в мысленное созерцание всеобщей формы, и как только это достигнуто, необходимость в дальнейшем опыте отпадает.

Может быть, гочкой самого острого столкновения противоречий арстотелевского мышления была поэтому проблема разделения процессов на «естественные» (согласные природе) и «насилъственные», «искусственные» (противные природе). Принципи движения «естественных» процессов находится в них самих, в процессах же «насилъственных» движет всегда нечто иное. Одушевленное существо, камень, падающий вниз, на землю, огонь, рвущийся вверх, к эфиру, движутся естественно. Груз, который тянут по дороге или поднимают рычагом, триера, движимая ветром и веслами, колесо, вращаемое падающей водой,— все это виды насилъственных движений.

Теория насильственных движений есть теория человеческой практики, ремесла, техники, которая отличается от природы прежде всего тем, что ставит свои, частные, отличные от природных цели и связывает формы с «нечестным» (не свойственными им) материями соответственно своим «нечестным» целям. Внутри этой практики целенаправленной деятельности возникают свои познавательные задачи, свои методы исследования¹⁹. Можно исследовать причины и начала определенного искусства, а также общие принципы противоприродной деятельности. Но имеется ли хоть какая-то связь между «причинами и началами» человеческой «механики» и естественной «физики»?

Разделение мира на «природное» и «человеческое» отнюдь не «бходится без противоречий. Одно из таких противоречий мы уже указали: нужно либо предположить два самостоятельных и независимых источника действительности, либо допустить, что природа способна действовать против самой себя. Действительно, по Аристотелю, естественно движутся одушевленные тела. Но должны ли мы предположить, что каждое из них есть изолированный движатель? Нет, это противоречит единству природы²⁰. Перводвигатель есть источник также и этого движения, а он является чем-то другим по отношению к движимому телу. Значит ли это, что он движет насильственно?²¹

Предположим, далее, что двигатель находится в самой «душе». Но Аристотель говорит — и это очень характерное высказывание — так как повсюду в природе имеется то, что составляет материю для каждого рода (и это начало потенциально содержит все существующее), с другой же стороны, имеется причина и дейст-

вующее начало для созидания всего, (причем их зависимость такая же), как, например, искусство относится к материалу, то необходимо, чтобы и в душе заключались эти различные стороны»²². Двигатель и движимое (органы) различны в самом движении, и, следовательно, двигатель движет нечто отличное от себя.²³ «...В целом движении,— говорил Аристотель,— одна часть будет приводить в движение другую, оставаясь неподвижной, другая будет движимой; таким только образом возможно для какого-нибудь предмета самодвижение»²⁴. Значит ли это, что душа движет тело насильственно? Вообще, поскольку разделение двигателя и движимого — это универсальный прием понимания любых, также и естественных процессов, то этот «факт» не может быть взят как критерий различения естественного и искусственного движения.

Но, если природа и похожа на человека, врачующего самого себя, то, наоборот, человек оказывается природным существом, природой, способной действовать против самой себя. Далее, является ли для человека мыслящая способность естественной? Если да, то как может практическая деятельность, основанная на одной из функций этой способности, быть неестественной? Говорится, что в практике человек ставит себе цели, отличные от природных, но что является конечной целью строительства, плавания, механических сооружений, как не тот же человек. Если *causa finalis*, «проявляющаяся в данном оливковом дереве, в данном псе, данном коне, в данном человеке, есть сохранение и раскрытие самой формы дерева, пса, коня, человека в данной материи»²⁵, то разве человеческая практика не есть форма самосохранения человека как ее исходной причины и конечной цели?

цели? Аристотель поэтому часто высказывается в том смысле, что различие между деятельностью человека и природы сказывается только в степени совершенства их произведений. «...Разумное основание», — говорит он, — одинаково и в произведениях искусства и в произведениях природы. Ведь руководствуясь мышлением или чувствами, и врач, и строитель дают себе отчет в основаниях и причинах, по которым один занят здоровьем, а другой постройкой дома, и почему следует поступать именно так. Но в произведениях природы «ради чего» и прекрасное проявляется в большей мере, чем в произведениях искусства»²⁸. В природе трудно предположить иную форму процесса прежде всего потому, что отсутствует какое бы то ни было иное «разумное основание», кроме этого общего между природой и искусством. В. П. Зубов замечает, что даже свои биологические и медицинские (т. е. наиболее «естественные») объекты Аристотель рассматривает по аналогии с техникой, «исходя из понятия целесообразного строения организма, Аристотель не раз пытался раскрыть его деятельность на основе развернутых сопоставлений с функционированием произведений техники. Таково было, напри-

мер, сравнение кровообращения с искусственной ирригацией садов»²⁷.

Таким образом, в конструктивном отношении, в создании образцов понимания предмета, в разработке системы мысленного построения предмета анализ «причин и начал» искусства, техники, можно сказать, формирует всю познавательную способность. Важно также и другое. Основано начало, фундаментальный принцип технологии, всеобщая схема мастерства, если такая существует, становится схемой и принципом мыслительного искусства. Но в равной мере результат теоретической деятельности — теоретическое понятие — может быть интерпретировано предметно опять-таки на некоторой орудийно-практической схеме. На том уровне всеобщности, где мы имеем дело уже не просто с аналогиями и внешними заимствованиями, а где речь идет о содержательном единстве, *единым предметом, представляющим собой как сущность природы, так и сущность техники, является движение*. Поэтому именно в разработке понятия движения Аристотель ближе всего подошел к механическим понятиям. Справедливо было бы также сказать, хотя для античного самознания это был переломный шаг, что анализ всеобщих начал технической деятельности должен ближе всего подвести к понятию сущности *физического* движения.

В связи с этим нас интересуют все те моменты, в которых «естественное» движение в едином процессе переходит в «насильственное», и наоборот, т. е. моменты, позволяющие сопоставлять, соизмерять, сравнивать их и, следовательно, переводить определения одного в определения другого. Если найдется орудие, позволяющее производить такое сравнение, мы сможем сказать, что имеем дело с физико-механическим экспериментом. Ведь здесь мы сможем наблюдать в форме и движении определенного предмета тот скрытый процесс, результаты которого мы повсюду находим у Аристотеля, а именно преобразование определений практической деятельности в теоретические понятия, причем исследование становится в равной степени физическим.

Аристотель оставил четыре таких потенциально-экспериментальных проблемы. 1. Естественное движение тяжелого (земного) тела по направлению к своему естественному месту (земле). Однако это только половина задачи. Спрашивается, как тело попало на несвойственное ему место, ибо только при вмешательстве насильственного движения вверх место тела обнаруживает свою потенциально-двигательную способность, которая таким образом может быть изучена. Насильственное движение является здесь условным, мерой и, следовательно, инструментом исследования естественного. 2. Движение брошенного тела. «Составное» движение, заключающее в себе еще и проблему разных форм «насильственного» движения (в контакте с двигателем и без). 3. Проблема взаимодействия движущегося тела со средой (включающая в себя проблему пустоты). Противостояние среды необязательно понима-

ется как именно противодействие (насильственное). Оно может входить в «естественное» движение (точнее неподвижность) предмета, если он находится на своем месте. Именно так формулируется «динамический закон» Аристотеля, который может быть истолкован из некоторого «принципа сохранения покоя»²⁸. Эта проблема окажется важнейшей при определении чистого движения. 4. «Анизотропическая» проблема, проблема движения концентрических кругов с разными диаметрами, заключающаяся в том, что при равной угловой скорости периферийные точки каждого из кругов обладают разными линейными скоростями, а это при общем «динамическом принципе» позволяет переводить геометрические соотношения в «двигательные» и обратно. Веса, теория которых может быть сведена к «анизотропической» теории, есть инструмент, также позволяющий соизмерять «насильственную» и «естественную» силы, при помощи измеримых соотношений длин. Это именно та искомая форма, геометрическая структура, которая не заключает в себе ничего кроме определений потенциций движения, причем бесконечно разнообразных в рамках данной местной структуры. Проблемы кинематики и динамики могли быть теоретически сформулированы только через эту исходную статическую конструкцию. Таким образом, эта проблема, названная нами последней, является в теоретическом отношении, «по понятию», первой. Она является первой также и исторически. Первые три — собственно кинематико-динамические проблемы — не могли быть решены в античной форме теоретизирования и выдвигаются на первый план в совершенно иной ситуации.

Мы поэтому прежде всего рассмотрим это основное орудие теоретического экспериментирования поздней античности в той мере, в какой оно было разработано античными механиками.

Теоретическая механика: идеализация и мысленный эксперимент

А. «Динамическая статика» перипатетиков

Подобно тому, как обучающийся учится у учителя, который сам при этом не обучается, а большой лечится у врача, который здоров, подобно тому, как дом возводится строителем, который удивлен, подобно тому, как все движущееся должно двигаться двигателем, который сам неподвижен. В противном случае нужно было бы искать новую причину движения²⁹. «А неподвижное... поскольку оно просто, однообразно и пребывает в себе, будет сообщать единое и простое движение»³⁰ — равномерное круговое перемещение, как мы уже знаем. Следовательно, должна иметься также третья часть, которая способна преобразовать это единое и простое движение в разнообразие (и пре-

рывные) движения. Таково движущее «по совпадению», т. е. движущее, поскольку оно само приведено в движение чем-то другим.

Таким образом, «существует тройкое, во-первых, движущее, во-вторых, то, чем производится движение, и, в-третьих, приведенное в движение; при этом движущее в свою очередь двояко: это или неподвижное, или одновременно движущее и движимое»³¹. Но эта же схема является схемой распределения предметов «по понятию», поскольку понять природу — значит понять движение, т. е. найти место предмета в этой схеме или же его внутреннюю «кинематическую» связность. Сам процесс понимания возможен только потому, что существует всегда уже понятие: «теоретическое небо», вечно созерцаемое «теоретическим умом». Понимание возможно только в определенной наперед заданной структуре понимания, при определенном уже существующем ответе на вопрос: «что значит знать?» Идея равномерного кругового движения как первого и составляла такую структуру: понять любое движение это в конечном счете означает понять его как систему циклических движений³². Однако это — лишь в конечном счете. Первоначально нужно выявить систему промежуточных звеньев.

Некоторые разъяснения этого мы можем получить из аристотелевских представлений о системе человеческой практики в целом. Она также вся движется некоторым неподвижным двигателем, абсолютной осуществленностью — идеей блага³³. Ум — идеальное присутствие в человеке самого блага (естественного места человека), и стремление — непосредственная сила, возвращающая человека в его естественное место, — таковы две способности, приводящие в движение всю человеческую жизнедеятельность. «Орган же, которым стремление осуществляет движение, есть уже нечто, связанное с телом... Движущее при помощи органа есть то, у чего начало совпадает с концом подобно сочленению. Ведь здесь совпадают выпуклое и полое, одно из них — конец, другое — начало; поэтому одно покоится, другое движется, по понятию они различны, пространственно же — неотделимы. Все движется толчком и притяжением; поэтому необходимо, чтобы, как в круге, нечто пребывало неподвижным и отсюда начиналось бы движение»³⁴. Система органов, система средств-инструментов, с помощью которых нечто способно исполнить свое назначение, есть, как мы помним, именно то, что составляет суть бытия вещи, благодаря чему мы определяем нечто как то, что оно есть³⁵. Именно морфологическое единство органов и есть действительное понятие нашего предмета, поскольку в нем осуществлены все возможные движения данного тела.

Стало быть, орган-орудие служит посредником между двигателем и движимым. Благодаря ему нечто единое способно к осуществлению многообразных движений. Причем, как мы видим, понятие органа становится у Аристотеля вполне анатомичным и механичным: движение объясняется суставчатой формой костного сочленения, и благодаря этому мы можем с одной стороны, понять

все многообразие движений (жизнедеятельности), исходя из некоторой единой формы, с другой — представить саму эту форму методами циклического анализа.

Проблема движения, решаемая с помощью понятия формы, есть проблема орудия, ибо именно форма орудия преобразует единую деятельную способность в разнообразные фигуры движений. «...Душа, — говорит Аристотель, — представляет собой словно руку. Ведь рука есть орудие орудий, а ум — форма форм, опущение же — форма чувственно воспринимаемых качеств»³⁶. Поэтому именно понятие орудия является тем конкретным «средним термином», который позволяет делать определенные умозаключения из всеобщих определений «первого движения».

Нагляднее всего этот процесс предстает перед нами в теоретическом анализе технической системы (системы орудий) человеческой практики. Поэтому именно в теоретической механике, которая формировалась как теория техники, прежде всего выработывалась та фундаментальная идеализация, которая легла в основу всего дальнейшего развития теории движения вообще.

Именно в аристотелевской школе был разработан первый известный нам набросок теоретической механики³⁷. Мы имеем в виду знаменитый трактат «Механические проблемы»³⁸. Мы считаем его трактатом по теоретической механике, поскольку он отнюдь не нацелен «на решение конкретных вопросов механической техники»³⁹, а в соответствии с аристотелевскими канонами отыскивает «причины и начала» механического искусства. Как справедливо замечает Карл Ульмер, — «Замысел этой работы... состоит, очевидно, отнюдь не в том, чтобы описать знания, относящиеся к механическим орудиям, но в том, чтобы обосновать и свести к началам эти знания, найденные уже готовыми. Тот факт, что такая попытка вообще имела место, возможен только в том случае, если руководствуются выработанным Аристотелем понятием *тэхтэ*, которое утверждено вместе с тем как прообраз всякого продуктивного знания»⁴⁰.

Во введении, представляющем собой теоретическую основу всего трактата, автор замечает, что почти все явления, относящиеся к механическому движению, сводятся к рычагу (848a14). Рычаг, таким образом, представляет собой вообще начало и как бы атом всего механического мира, любое механическое орудие можно рассмотреть как систему рычагов. Дать теорию самого рычага можно, если рассматривать его как весы, «по явлениям, обнаруживаемые у коромысла весов, сводятся к кругу» (там же). Герон во второй книге своей «Механики» анализирует способ действия пяти «потенций» (ворот, рычаг, полиспаст, клин, винт) также с помощью сведения их к системе круговых движений через промежуточную стадию системы рычагов (или весов). «То, что пять потенциалов, движущих тяжесть, — пишет он, — подобны кругам около одного центра, доказано фигурами, которые мы набросали в предыдущем; но мне кажется, что они более подобны весам, чем

кругам, ибо в предыдущем основании доказательства для кругов были как раз даны нами при помощи весов»⁴¹. Витрувий (конец I в. до н. э.) в десятой книге своего фундаментального трактата «Об архитектуре» пишет: «Всякая же механика создается природой вещей и находит своего назидателя и свой прообраз в круговращении мира. В самом деле, обратим наше внимание прежде всего на систему связей в природе Солнца, Луны и пяти планет: если бы они действием некоего механизма не приводились во вращение, тогда не имели бы мы ни дневного света, ни созревания плодов.

Таким образом, наши предки, обратив внимание на эти явления природы, взяли с них примеры и, подражая им, под божественным наитием создали целесообразное применение к жизни их принципов»⁴². Посмотрим далее, как Витрувий определяет машину: «Машина есть система связанных между собою частей из дерева, обладающая наибольшей мощностью для перемещения тяжестей. Сам же этот механизм приводится в действие посредством круговых вращений искусным приемом, называемым у греков *κινητικὴ κίνησις*»⁴³. В третьей главе той же книги Витрувий анализирует множество механизмов и, находя в каждом рычаг и тягу в качестве основных элементов, приходит к выводу: «Вот так же, как и взятые нами для примера предметы получают свое движение в отношении какого-то центра путем совмещения принципов прямолинейного и вращательного движений, так вот теперь и повозки, колыски, тимпаны, колеса, винты, скорпионы, баллисты, прессы и прочие машины — все достигают предназначенного эффекта, действуя по тем же принципам, т. е. в отношении определенного центра силой прямолинейного движения и ротации»⁴⁴.

Таким образом, схема: машина (потенция, *δύναμις*) — рычаг — весы — «система кругов»⁴⁵, на протяжении всего развития эллинистической механики служила методом отыскания причин и начал механического искусства. В результате рычаг выступал в качестве теоретической идеализации механического орудия-инструмента (органа) вообще, в качестве того орудия орудий, который непосредственно переводит естественное движение руки в систему насильственных движений механического искусства.

Автор «Механических проблем» анализирует на этом основании функционирование корабельного веса (гл. V), руля (гл. VI), мачты (гл. VII), колеса (гл. XII), метательных орудий (гл. XIII), лебедки (гл. XVI), клина, сводимого к двум рычагам (гл. XVIII), блока (гл. XIX), шипов для вырывания зубов (гл. XXII), для орехов (гл. XXIII), колодезного рычажного подъемника (гл. XXIX) и др., короче говоря, все то, благодаря чему, по словам поэта Антифона, «берем искусством мы, где нас сильней природа». Все эти задачи решаются автором по приведенной выше схеме, поскольку «начало причинного объяснения всех подобных явлений заключается в круге» (847b15).

Для нас важно, однако, что эта техно-теоретическая схема полностью соответствует требованиям физико-теоретического анализа движения; исследование возможного движения сводится здесь к исследованию формы (машина как система связанных друг с другом рычагов, составляющих в потенции систему тех круговых траекторий, по которым вообще может совершаться данное движение, система, в которой машина функционирует, — форма-цель). Далее, динамика исследуется через кинематику, которая, в свою очередь, сводится к изучению состояния равновесия (возможного движения). Поэтому задача теоретической механики, хотя и не вполне тождественны физическим, «но все же не будут целиком от них отличными; они представляют общий предмет как математических, так и физических исследований, — для них «каким образом» разграничивается математикой, а «почему» — физикой» (847a 25—30). Поскольку же рычаг является инструментом преобразования, с одной стороны, физической (естественной) силы в механическую (насильственную), с другой — естественного движения (вниз) в насильственное движение (по окружности) и, наконец, поскольку в нем «почему» (свойства круга) непосредственно связано с «каким образом» (форма перемещения), он и может рассматриваться как экспериментальное орудие в движении от механики к физике, которое, безусловно, гораздо менее явно выражено в греческой науке, чем движение противоположное.

По-видимому, нам удастся ясное представить «физическую» сущность закона рычага, если мы обратим внимание на его кинематический и динамический смысл, т. е. последовательно рассмотрим ту связь и превращение основных физических понятий, которые скрываются за простой геометрической формулировкой, — тем более, что «Механические проблемы» представляют нам такую возможность⁴⁶.

У Аристотеля мы находим два принципа, которые позволяют сделать первые шаги на этом пути. Первый принцип связывает противоположную силу (*δύναμις*; *ισχύς*), которая движет определенный груз (*βάρος*), с величиной пути (*ὁδός*), пройденного за определенное время (*χρόνος*). Мы уже говорили об этом динамическом законе, описанном в пятой главе VII книги «Физики»⁴⁷. Фриц Крафт записывает его, используя греческие слова, которые нам в дальнейшем понадобятся, чтобы различить неразличимые в наших терминах понятия (*ισχύς: βάρος = ὁδός: χρόνος*⁴⁸). В книге «О небе» этот закон выражен менее точно: «Если имеется некоторая сила (*δύναμις*), то же, что движимо, меньше и легче, то оно движется под действием той же силы больше. ... При чем скорость (*ταχύς*) меньшего так относится к телу меньшего, как тело (*σῶμα*) большего относится к телу меньшего»⁴⁹. (Слово *δύναμις* означает мощность, потенцию, силу вообще, например, определенного человека, тогда как слово *ισχύς* означает конкретно действующую, приложенную силу).

Но у Аристотеля имеется принцип, согласно которому скорость естественного движения тела может быть выражена в геометрических параметрах. Рассматривая движение небесных тел, Аристотель замечает: «...Вполне разумно, что скорость больших кругов быстрее, если они «круги» расположены вокруг одного и того же центра <концентрически>», — а именно, как у других тел большее движется быстрее свойственным ему «естественным» движением, так же и у кругообразных <то есть у концентрических афирных сфер, для которых естественным является вращение вокруг центра мира>. Ведь из двух отрезков, отсекаемых на круге линиями, исходящими из центра <отрезков дуг>, больший находится на большем из кругов, потому что ясно, что больший круг обращается вокруг себя за то же самое время, что и малый»⁵⁰. Последнее положение весьма важно, поскольку пути могут стать мерами скоростей только в том случае, если имеется независимая процедура, определяющая одновременность их прохождения. Но в системе связанных концентрических кругов угол поворота как раз и выполняет эту функцию единой меры времени. Тем более, что, как мы помним, вращение небес и было для Аристотеля моделью временной единицы, и именно благодаря тому, что единый угол поворота воплощал в себе единое время всех событий анизоклиического движения, линейная скорость была прямо пропорциональна (а при сравнениях эквивалентна) длине описываемых дуг.

Итак, имеются два принципа: соотношение между силой и скоростью для насильственных движений и соотношение между скоростью и длиной дуг в естественном круговом движении. Между ними нет никакой прямой связи. Наоборот, если в насильственных движениях тело движется тем медленнее, чем оно больше, то в естественных процессах соотношение противоположно. Надо поэтому найти форму, связывающую в едином процессе эти два рода движений, и мы найдем недостающее звено. Как это понятно, теоретическая механика и давала это звено, разрабатывая схему: перемещение — рычаг — круг. И именно потому, что в этой схеме происходит взаимопревращение насильственных и естественных движений, именно потому, что мы включаем в насильственное движение процесс естественного, — происходит «чудо», состоящее в том, что мы перемещаем груз гораздо больший, чем приложенная сила, да еще и прибавляем к нему груз самого рычага.

Впрочем, окружности, описываемые концами рычага, не являются путями полностью естественного движения. Это движение складывается из двух: естественного движения по перпендикуляру к диаметру (т. е. для горизонтально расположенного рычага — движения груза вниз) и отклонения к центру, искривляющему этот путь (насильственного)⁵¹. «Если же из двух, несомых (перемещаемых. — А. А.) одной и той же силой (<ἀπὸ τῆς αὐτῆς ἰσχύος>) одно искривится больше, а другое меньше, то вполне

разумно предположить, что более искривляющееся движется медленнее, чем менее искривляющееся; это, по-видимому, и происходит с большей и меньшей из описывающих круги проведенных из центра линий» (849б 6—10). Благодаря этому, скорость снова может быть выражена через геометрические параметры круга (поскольку угол поворота и здесь может быть выбран в качестве единой меры времени)⁵².

В этом процессе скорость связана также и с «силой», которая является мерой естественного движения и представляет собой выражение естественного «стремления тела к своему месту» — *φύσις*. В результате мы получаем на рычаге непосредственное превращение внешней (насильственной) «силы» — *ἰσχύς*, приложенной на одном конце рычага, и внутренне присущей телу (естественной) «силы» — *φύσις*. В состоянии равновесия они тождественны, сравнимы и потому выражают друг друга. Скорость, которая неявно была общей мерой любого движения, т. е. и той и другой «силы», становится их явной мерой, будучи выраженной через геометрические параметры кругов, описываемых концами рычага. «Из вышесказанного, — заключает автор «Проблем», — ясно, по какой причине от одной и той же силы (<ἀπὸ τῆς αὐτῆς ἰσχύος>) несется быстрее более отстоящая от центра точка и большая линия описывает большую окружность» (849б20—21). В таком рассуждении становится совершенно ясным именно динамическое происхождение античной статики как единственно возможной формы теоретической механики, — единственно возможной, поскольку понятия формы (структуры внутренних связей) и равновесия были установлены в качестве основателей любого понимания движения.

Теперь объясняется и основное «чудо» — «по какой причине малые мощности (<δυνάμεις>) при помощи рычага движут большие тяжести, да еще, как сказано вначале, «с добавлением тяжести рычага» (гл. III, 850а 30—32): ведь «под действием равных грузов (<ἀπὸ τοῦ ἰσίου βάρους>» быстрее приводится в движение большая из линий, проведенных из центра (а на рычаг действуют три — прежде всего опора..., а затем два груза — движущий и движимый) и как движимый груз (<βάρος>) относится к движущему, так будут в обратной пропорции и длины, и всегда, чем дальше от опоры, тем легче приводить в движение» (850а 36—в3).

Так, при помощи учения о рычаге можно «уподоблять по природе»⁵³: движение естественное и движение насильственное, а в этом уподоблении и состоит общий принцип экспериментального исследования. Разве не происходит в любом эксперименте такое же уподобление? Разве мы не получаем теоретически значимый результат только тогда, когда отождествляем некоторый естественный и некоторый искусственный феномен? Ведь «искусственное»: математическая идеализация, направляющая процесс экспериментальной изоляции явления и позволяющая

щая теоретически интерпретировать результаты наблюдений, произвольная воспроизводимость явления (его конструируемость), геометрически-операциональное определение понятий — обладает всеми свойствами теоретического, а «естественное» дает понятиям «предметность», «физичность». В результате мы получаем подлинно всеобщее понятие, лишенное, благодаря своей технической конструктивности, единичности эмпирико-медицинского подхода к природе, а благодаря своей «физичности» — случайности эмпирико-практических ухищрений изобретательных ремесленников.

Итогом первоначального этапа развития теоретической механики было серьезное преобразование и уточнение понятия «сила» (*dύναμις*; *ισχύς*). Единой мерой любых возможных действий (поискولی они могут быть обнаружены в потенциально-экспериментальной ситуации действия на рычаг) становится величина, составленная из пространственного определения (длина дуги или длина плеча, поскольку им эквивалентна скорость) и из определения тяжести, груза (*βάρος*), который понимается как вес, измеренный некоторым весовым эталоном, т. е. эталонным телом, помещенным на эталонном плече⁵⁴. Такое определение действующей «силы», которое в дальнейшем фиксируется в понятии *ρότλη* и, по сути дела, как мы увидим позже, имеет смысл «момента»⁵⁵, включает в себя определение пространства как эквивалент определения скорости, и об этом мы все время должны помнить.

Когда, таким образом, любая естественная «сила» (любое естественное движение) может быть отождествлена с определенной искусственной силой (движением); когда она, следовательно, может быть измерена и выражена через некоторый груз и некоторую длину, эти два момента становятся основными в определении фундаментального теоретического понятия — понятия идеальной формы. На этом новом основании могут быть заново и по-новому поняти все предшествующие определения формы (серединная, центральная-симметричная структура, пропорциональная гармония). Это неизбежно ведет к формальному усовершенствованию и доведению до теоретической определенности самой «динамической» статике.

Такого совершенства теоретическая механика достигает в трудах величайшего александрийского математика Архимеда. В аспекте нашей темы особое значение приобретает даже не столько его геометризация и аксиоматизация статике, сколько оригинальный метод использования ее законов при решении некоторых геометрических задач, который является образцом мысленного экспериментирования. Другим существеннейшим шагом, который сумел сделать Архимед, было расширение основной механической идеализации на сферу взаимодействия тела со средой, разработка принципов гидростатики.

Пьер Дюгем в «Происхождении статике» пишет: «Со времен античности физики, которые начинали заниматься проблемами равновесия, пытались решать их двумя совершенно различными методами.

Аристотель, в меньшей степени геометр, чем философ, видит в равновесии только частный случай движения; статика никоим образом не является автономной наукой, она не имеет независимых принципов, будучи только главой динамики; ее положения должны быть выведены из общих законов, управляющих местным движением.

Архимед, в большей степени геометр, чем философ, направляет усилия своего мощного гения не столько на глубокое проникновение в природу вещей, сколько на строгую связь положений, целиком выведенных из ясных и неопровержимых аксиом»⁵⁷. Дюгем находит, в соответствии с этим, два направления, две линии в развитии статике: линию динамиков-интуитивистов и статиков-дедуктивистов, аристотелевскую и архимедовскую. Это разделение стало довольно традиционным у историков науки, хотя еще часто «Механические проблемы» и расцениваются как только предчувствие истинных проблем (либо вообще как «детский лепет» и наследие «магического» мышления»⁵⁸). И. Д. Моисеев в «Очерках развития механики» связывает эти два направления (кинематическое и статическое) с двумя родами практических задач, решение которых предполагало известную механику: с одной стороны, проблемы движения (кинематизм) простейших машин и расчеты архитектурных сооружений, с другой — расчеты равновесия подпертых и подвешенных тел (статика)⁵⁹. Согласен с Дюгемом и В. П. Зубов⁶⁰, который, впрочем, гораздо глубже понимает теоретический смысл «кинематического направления».

После открытия и тщательного анализа средневековой «науки о весах», проведенного П. Дюгемом, Дж. Вайлати, М. Куртпе, Е. Мооди, М. Кладжеттом и другими, уже нельзя было далее игнорировать глубокую связь, существовавшую на протяжении веков между этими «направлениями». Поэтому стали говорить о попытках объединить их, разработать аристотелевский «динамизм» геометрическими методами Архимеда⁶¹. Ф. Крафт в своей книге, озаглавленной «Динамический и статический методы в античной механике», рассматривает механику Герона как попытку синтеза обоих методов. При этом он считает, что Архимед «смог опровергнуть» динамический подход Аристотеля и впервые основал статiku как аксиоматико-дедуктивную дисциплину⁶².

Помимо совершенно внешней оценки исторических явлений в этом подходе сказывается еще и современный штилет перед формальной структурной теорией, который в конечном счете сводится к отождествлению этой структуры с наукой самой по себе. При этом любое движение научной мысли либо заталкивается в инту-

итивно-психологическую тьму, либо выпроваживается во «внешнюю» сферу экспериментального сравнения теории с действительностью, как будто судьба теории, содержащей в себе все каноны логики, может решаться чем-то «надтеоретическим» или «внетеоретическим».

Для многих (например, для Маха) ясно, что «Механические проблемы» «прекрасно характеризуют интеллектуальную ситуацию, знаменующую собой начало научного исследования»⁶⁵. Но, признавая своеобразие этой ситуации, говорят, что именно «Архимед — подлинный основатель статики как теоретической дисциплины...»⁶⁶ Иными словами, «динамизм» или «кинетизм» перипатетиков оказывается дотеоретической стадией, и оба «направления» уже не являются равноправными. Крайне утрированную форму этого мнения мы находим у С. Я. Лурье. «Архимед... по-ял,— пишет он (как будто Архимед приехал в Сиракузы из Флоренции XVII в.),— что при тогдашнем состоянии науки (?) в области динамики дальше беспочвенных фантазий и произвольных допущений пойти нельзя. Поэтому он принципиально ограничивает себя изучением законов равновесия: нахождением центров тяжести и исследованием уравновешенного и неподвижного рычага. Архимед является, таким образом, основателем новой науки — статики»⁶⁵.

По нашему мнению, «кинематизм» и «геометризм» в античной статике представляют собой не разные психологические направления и не просто последовательные ступени теоретизации, а две формы одной и той же теории, взаимопереход которых и составляет специфику античной статики как общей науки о движении, т. е. статики, включающей в себя и кинематический и динамический момент.

Подобно тому, как «технология» и «механика» создавали теорию движения своих машин, анализируя условия равновесия рычагов, блоков, клиньев и конструкций из них, архитекторы и строители исследовали равновесие и устойчивость своих конструкций, исходя из возможных смещений, которые нужно предотвратить⁶⁶. И там, и здесь основным теоретическим аппаратом была геометрия подвижного равновесия. Чтобы подвинуть груз с помощью рычага, надо было двигать его по определенному пути и, наоборот, нужно было сначала определить возможные пути движения колонн, столбов, балок и опор, чтобы знать, в каких точках их следует соединить для достижения устойчивого равновесия. Безусловно, прав Н. Д. Моисеев, когда связывает «кинематическую» линию с практической механикой, а «геометрическую» — с архитектурой и строительством, но все дело в том, что их теоретическая основа была по сути одна и та же.

Равным образом и геометризация статики, которая, безусловно, имела место у Архимеда, есть только один из возможных путей движения теоретической мысли, т. е. мысленно экспериментального преобразования исходного понятия равновесия, а дру-

гим путем была именно кинематизация и динамизация статики, причем пространство, охватываемое этими путями, и составляет действительное содержание механической теории в ее античном варианте.

У Архимеда мы должны обратить внимание прежде всего на три обстоятельства. Во-первых, недавние исследования А. Драхмана⁶⁷ и В. Штейна⁶⁸ показали, что аксиоматической формулировке теории рычага предшествовали механические исследования, касающиеся важнейшего понятия всей архимедовой механики — понятия центра тяжести, которые только и позволили сформулировать семь фундаментальных допущений книги «О равновесии плоских фигур».

Во-вторых, аксиоматизация проводится Архимедом по аналогии с построением Евклидовых «Начал», но, как видно, не имеет для него такого же теоретического веса, поскольку геометрические теоремы, полученные Архимедом с помощью механических методов, он не считает тем самым доказанными, напротив, их подлинное доказательство может быть проведено только в аксиоматической системе самого Евклида (с. 299). С другой стороны, механический метод решения геометрических задач тесно связан с разработкой понятия центра тяжести и приводит к существенному изменению понятия формы вообще.

В-третьих, геометризация, совершенная Архимедом, отнюдь не состоит в переходе от движения к фигуре. Перипатетики тоже на рассматривали никакого действительного движения. Но они выбирали в качестве меры момента относительную длину дуги, которая была эквивалентна скорости, если угол поворота мог рассматриваться как относительное время. Геометризация Архимеда состояла в отказе от оперирования скоростями и, следовательно, в переходе от сравнения дуг к сравнению плеч. То, что этот процесс не был пустой формализацией, а нес в себе содержательное продолжение физико-теоретической мысли, ярче всего проявилось, когда Архимед на этой основе развил новую, гидростатическую, идеализацию.

Мы рассмотрим теперь подробнее эти три сферы, в которых статика Архимеда сильнее всего обнаруживает свою экспериментальную сущность.

Как известно, исходные установки Маха не позволяли ему ясно различать сознательную теоретическую идеализацию и бессознательное заимствование из повседневного опыта, а в этом различии — важнейшее условие понимания теоретического эксперимента. Потому-то он и критиковал Архимеда за то, что он недостаточно проанализировал совокупность допущений, которые необходимо сделать, чтобы его закон рычага был справедливым. По Маху, Архимед не мог «измыслить из себя» не только самого закона, но даже и простого положения о равновесии. Закон рычага Архимедом не выведен, а молча предположен, инстинктивно заимствован из обыденного опыта⁶⁹.

Но в шестом допущении книги «О равновесии плоских фигур» говорится: «Если величины уравновешиваются на каких-нибудь длинах, то на тех же самых длинах будут уравновешиваться и равные им» (с. 272). Это означает, что действие груза не зависит ни от его формы, ни от ориентации. Если мы подвесим к плечу одну и ту же балку сначала вертикально, а затем горизонтально, ее действие не изменится. Эта операция фактически совпадает с заменой нескольких распределенных равномерно по плечу масс одной в центре их тяжести. «Таким образом, этот постулат как раз и представляет собой то положение, за «пропуск» которого Архимед упрекал Мах» (с. 557)⁷⁰. Поистине, как говорит Витрувий: «...кто вздумает читать наставления Ктесибия или Архимеда и прочих авторов, писавших наставления в том же роде, тот не сможет их уразуметь, если не получит предварительной подготовки по этой части у философов»⁷¹.

Нельзя не заметить, что доказательство закона рычага есть раскрытие того, что заложено в определении центра тяжести⁷². После исследований А. Дразмана и В. Штейна не нужно особой смелости, чтобы утверждать, что определение понятия центра тяжести и выяснение его конструктивного смысла составляло содержание ранних работ Архимеда по механике. В. Штейн реконструировал пять определений-постулатов, касающихся центра тяжести, которые должны были быть предположены для формулировки семи допущений книги «О равновесии плоских фигур». Полагая, что они были сформулированы в недоедших до нас сочинениях Архимеда по механике, Штейн приходит к выводу, что «первая редакция элементов статики молчаливо предполагала только такие положения, точные аналоги которых были равным образом молчаливо пропущены в общем учении о величинах у Евклида»⁷³. Постулаты-определения, выделенные Штейном, таковы:

- Р₁. Каждая величина имеет вполне определенный центр тяжести.
- Р₂. Центр тяжести величины, составленной из двух величин, лежит на прямой, соединяющей центры тяжести отдельных величин, если их центры тяжести не совпадают.
- Р₃. Если некоторую величину поддерживать в центре тяжести, она будет находиться в равновесии.
- Р₄. Если две величины имеют один и тот же центр тяжести, то он есть также центр тяжести величины, составленной из обеих.
- Р₅. Если А слишком тяжело, чтобы быть в равновесии с В, то от А можно отнять столько, чтобы остаток был в равновесии с В.

Присмотримся внимательней, что собой представляют эти предположения? Разве это не описание некоторых опытов, которые Архимед мог проделывать сам или заимствовать из повседневной практики? И тем не менее в обыденном опыте отсутствует главное — сама идея центра тяжести. Центр тяжести остается инту-

итивной мастера, пока с ее помощью он строит и перемещает грузы. Когда же с помощью построений и перемещений ученый сосредоточивает внимание на центре тяжести как всеобщем определении механической системы, интуиция становится теоретической идеей. Именно собрание таких предметных исследований, руководимых теоретической идеей (экспериментов), и представляли собой, по-видимому, «Элементы механики» Архимеда. Результаты сведены в перечисленные выше пять определений.

Итогом такого исследования должно было быть «определение центра тяжести». А. Дразма, исследуя «Механику» Герона Александрийского и некоторые другие работы эллинистических авторов, реконструировал две аксиомы, два постулата и пять предположений «Элементов механики» (и, может быть, еще двух книг: «Книга опор» и «О рычагах») ⁷⁴.

В комментарии И. Н. Веселовского к публикации фрагментов из этих не дошедших до нас книг убедительно показано, что первой должна идти «Книга опор», в которой отсутствует и закон рычага, и понятие центра тяжести. Затем следует книга «О рычагах», к изучению которых Архимед пришел, по-видимому, от некоторых трудностей первой книги.

В двух фрагментах, сохранившихся Паппом и Героном, рассмотрение ведется полностью кинематическим методом. У Паппа мы читаем: «В книге «О рычагах» Архимеда, а также в «Механике» Филона и Герона доказано, что большие круги пересиливают (καταρτίζουσιν) меньшие, если вращение происходит около одного и того же центра» (с. 68) ⁷⁵.

Филон Византийский, сочинения которого Герон называет рядом с архимедовскими в качестве одного из своих источников, жил в первой половине III в. до н. э. и оставил солидную «Механику» (Μηχανική [μῆχανική]). Он, безусловно, находится под влиянием перипатетиков (в начале III в. между перипатетиками и первыми Птолемейями были весьма оживленные контакты, в это же время Филон работал вместе с александрийскими инженерами и математиками на острове Родос ⁷⁶) и ссылается на цитируемое Паппом положение, полученное из механических доказательств и физических оснований (διὰ τὴν τῶν μῆχανικῶν ἀποδείξεων καὶ τῶν φυσικῶν λόγων) во второй книге «Механики» ⁷⁷.

Именно эти исследования традиционных кругов привели Архимеда к первоначальной теории рычага и уже от нее — к понятию центра тяжести, который поэтому на первых порах еще смешивается с точкой подвеса. В комментариях Евтохия Аскалонского к трактату Архимеда «О равновесии плоских фигур» говорится: «Момент (ρότις) ...является общеродовым понятием для тяжести и легкости, так говорит Аристотель и, следуя ему, Птолемей... В рассматриваемой книге Архимед называет центром момента (κέντρον τῆς ρότης) плоской фигуры точку, при подвешивании за которую фигура остается параллельной горизонту; центром момента или тяжести двух или более плоских фигур он

называет точку подвеса рычага, остающегося параллельным горизонту, если прикрепить к его концам упомянутые фигуры» (с. 68—69). Здесь очень важно слово «момент» (*ρότης*), которое позволяет установить непосредственную связь с тем, о чем мы говорили раньше (с. 87). Определение центра тяжести прежде всего как «центра стремлений» напрямую соединяет кинематическую и геометрическую теории. Действительно, безразличное равновесие, это как раз та неразличимость покоя и движения (их безразличие), которое было «первым» для Аристотеля и которое непосредственно отождествляет круг-траекторию и круг-фигуру.

Это объясняет нам также и греческое название трактата: «О равновесии плоских фигур или о центрах тяжести плоских фигур» (*Περὶ ἰσορροπίας...*) или, как переводят немцы, — о равносложности (*über Ausgleichung des Neigens*)⁷⁸. В этом названии последний след динамического происхождения Архимедовой статистики.

В 24-й главе I книги «Механики» Герон (см. 5—8 предложения) и в VIII книге «Собрания» Папп воспроизводит те мысленные эксперименты, которые, по-видимому, привели Архимеда к определению центра тяжести.

«...Центром тяжести некоторого тела, — читаем мы у Паппа, — является некоторая расположенная внутри него точка, обладающая тем свойством, что если за нее мысленно (*κατ' ἐπίνοαν*) подвесить тяжелое тело, то оно остается в покое и сохраняет первоначальное положение» (с. 74). Но как же мы можем произвести это мысленное подвешивание? Как мы можем увидеть эту невидимую внутреннюю точку? Архимед (согласно Герону и Паппу) подробно излагает эту мысленно-экспериментальную процедуру. Основу ее составляет отождествление тела с весами, т. е. мысленное уравновешивание его и нахождение единого центра равновесия всех «весов». «Вообразим, — продолжает Папп, — некоторую вертикальную плоскость... направленную к центру мира, куда, по-видимому, имеют стремление (*ρότης*) все тела, обладающие весом...» и уравновесим тело на ней в разных положениях. Вообразив, далее, различные сечения тела этой плоскостью (в положениях равновесия), мы «увидим», что все они пересекаются в одной точке, которая «и называется центром наклона и тяжести» (с. 74). Поскольку мысленный эксперимент не дает возможности просто увидеть «факт» (пересечения всех плоскостей в одной точке), он необходимо связан с некоторым доказательством, т. е. в данном случае, например, с рассмотрением, что получится, если будут две точки пересечения, и с опровержением этой возможности.

В результате мы получаем предметно-теоретическое понятие центра тяжести, т. е. центра, вокруг которого (на концентрических окружностях) располагаются уравновешенные части.

Следующий шаг приводит нас в центр всей конструктивной, геометро-механической мысли Архимеда. Если теперь мы возьмем геометрическую фигуру — «равномерную по толщине и однород-

ную по весу» (Герон. Механика, II, 35, с. 73), — то разделение ее (по разным направлениям) на две равновеликие части будет соответствовать ее уравновешиванию. Чисто геометрическая операция заменяет здесь механическую.

Вот что такое геометризация механики, произведенная Архимедом, и вот почему понятие центра тяжести, т. е. точки, действие которой на плечо рычага эквивалентно действию всего протяженного тела, является важнейшим для понимания вывода закона рычага. Поэтому-то 4, 5 и 7 допущения, 4, 5 и 8 предложения трактата «О равновесии плоских фигур» касаются центра тяжести, и 9—15 предложения первой книги и вся вторая книга (за исключением 9-го предложения) посвящены определению геометрических свойств центров тяжести различных плоских фигур.

Любопытно было бы задать вопрос, является ли понятие центра тяжести математическим или физическим в смысле Аристотеля. Является ли оно понятием точки, поскольку она связана с материей, или же точки как абстрактного математического элемента? Не встречаемся ли мы здесь снова и в гораздо более явной форме с тем, что именно математическая идеализация выражает физическую сущность вещи? И не является ли механическая сущность геометрии тем, благодаря чему математика воспринимает «физическую интуицию»?

Архимед дает нам блестящий пример такого взаимоперехода. Если действие тела на плечо рычага сводится к действию его центра тяжести, то при однородном распределении тяжести по объему, что можно представить только в случае идеальной геометрической фигуры, равновесие есть равновеликость, и мысленное взвешивание геометрических фигур становится универсальным методом решения традиционной задачи греческой геометрии: сравнения фигур по величине.

Метод, позволяющий «при помощи механики находить некоторые математические теоремы» (с. 299), изложен Архимедом в «Послании к Эратосфену о механических теоремах». 10 из 14-ти лемм, предвещающих это сочинение, относятся к определению центра тяжести⁷⁹.

Таким образом, именно потому, что Архимеду удалось геометризовать статику, он сумел также в известном смысле «механизировать» геометрию, причем и в том и в другом случае решающим понятием было понятие центра тяжести.

В. С. Библер, который впервые выяснил логический смысл теории Архимеда, пишет: «...Письмо Архимеда дает редкую возможность проникнуть в собственно логическое движение — в «интимный» процесс мысленного преобразования идеализованных предметов. В ходе такого преобразования идеализованные предметы обнаруживают те свои качества и свойства (приобретают их), которых до этой трансформации они не имели»⁸⁰. И действительно, понятие идеальной формы каждый раз раскрывало перед нами свои новые потенции, спецификации, определения.

Первоначальное пластическое, геометрическое понятие формы было раскрыто Аристотелем как возможное определение движения. В механике оно приобрело теоретическую конкретность, причем, новое — статическое — определение формы действительно доказало свою сущность, поскольку на его основании можно было воспроизвести все основные конструктивные моменты формы. Понятие *середин* отождествилось с понятием *центра тяжести*, центрально-симметричная структура определилась как структура равновесий (в частности, абсолютного или безразличного равновесия), а пропорциональная соразмерность тела (гармония) могла быть рассчитана по закону рычага. Благодаря идее центра тяжести, форма (возможного) движения (веса), которая вступила первоначально в противоречие с идеей телесной формы, нашла конструктивную связь с формой тела. Круг, таким образом, по-видимому, замкнулся.

Любая форма могла быть приравнена любой другой по весу и объему. Можно было бы выразить объемы всех геометрических тел через какой-нибудь один, скажем, через объем сферы или куба.

Далее, механизация геометрии основана также и на другой существенной идеализации (помимо центра тяжести) — на предположении об идеально равномерном распределении веса, поскольку только в этом случае реальный центр тяжести совпадает с геометрическим. Здесь наряду с объемом (диаметр — длина коромысла) выступает вторая независимая переменная величина: груз, вес, который может быть разным при одном и том же объеме у разных «материалов». И в той самой мере, в какой форма теряет смысл качественности (существенной определенности) предмета, это качественное значение приобретает вес (удельный) тела.

Наконец, концепция телесной формы заключала в себе еще и иной момент, который мы подробно не рассматривали и который теперь выходит на первый план, позволяя раскрыть понятие равновесия еще с одной стороны. Для этого нам снова придется заглянуть в аристотелеву «Физику».

Значение, которое Аристотель придавал проблеме единства формы, заставило его двинуться в направлении, противоположном тому, которое избрали атомисты. Форма для Аристотеля есть всегда форма целого, которая вносит в это целое структурную определенность. Поэтому то, что не заключено в форму и, так сказать, не пронизано ею, не может быть предметом понимания. Мы понимаем нечто лишь в той мере, в какой «заключаем его в форму»⁸¹. Физический мир в целом должен также представлять собой единую форму, и Аристотель понимает его как единое, непрерывное и ограниченное целое. Возможность бесконечного и пустоты он отвергает как физико-логические абсурды. «Пронизанность» этого мира формой выступает как внутренняя форма мира, т. е. как структура естественных мест. Место же есть «граница объемлющего тела» поскольку оно соприкасается

с объемлемым»⁸². Мы уже говорили, как определяется возможное движение исходя из структуры абсолютного покоя. Но концепция «места» позволяет Аристотелю более точно рассматривать отдельный акт перемещения. Поскольку движение может происходить только в том, что объемлет, объемлющее должно равным образом перемещаться. «Ведь как вода, если положить в нее игральную кость, поднимется на величину кости, так происходит и с воздухом, только для чувств это незаметно»⁸³. Короче говоря, всякое движение возможно только тогда, когда где-то происходит компенсирующее противодвижение и общее равновесие (покой) сохраняется. Движение возможно как кругооборот (метеорологическое взаимопревращение стихий) или как круговращение (взаимозамещение)⁸⁴. Именно эта логическая связь идей была предпосылкой аристотелевой динамики и кинематики, она же явилась предпосылкой учения об уравнивании в средах, где тяжелое тело «выдавливает» наружу более легкие. Объясняя, например, шарообразную форму земли в сочинении «О небе», Аристотель говорит: «Форма земли непременно должна быть шаровидной. Каждая частица ее, пока она не достигла центра, обладает весом, и так как меньшие частицы вытесняются большими, то и те и другие не могут свободно двигаться, а, столкнувшись, сжимают друг друга, пока не достигнут центра»⁸⁵.

Теперь гидростатика Архимеда, может быть, и не покажется нам родившейся из его головы в готовом виде.

Независимость действия тела от его формы и абстрактное определение величины объема; понятие тяжести тела, никак не связанное с его формой или объемом и характеризующее только вещество; наконец понятие равновесия, существующего не только на весах, но возможное как компенсирующее взаимозамещение тел, — все это подготовило исходную идеализацию архимедовой гидростатики.

«Предположим, что жидкость имеет такую природу, что из ее частиц, расположенных на одинаковом уровне и прилежащих друг к другу, менее сдвинутые выталкиваются более сдвинутыми, и что каждая из ее частиц сдвигается жидкостью, находящейся над ней по отвесу, если только жидкость не заключена в каком-нибудь сосуде и не сдвигается еще чем-нибудь другим», — так начинает Архимед свое знаменитое сочинение «О плавающих телах». Второе положение первой книги доказывает, что поверхность всякой жидкости, установившейся неподвижно, будет иметь форму шара, центр которого совпадает с центром земли (с. 328—329), т. е. аристотелево положение (только для жидкости). III—VII предложения представляют собой мысленные эксперименты с заданной идеализацией, анализирующие равновесное состояние двух смежных сегментов жидкостной сферы, когда в один из них помещено тело: равнотяжелое с жидкостью, более легкое или менее легкое. В результате формулируются известные законы. Наконец, первое положение второй кни-

ги формулирует принцип ареометра, который в гидростатическом равновесии значит то же, что и законы рычага в механике. Вся последующая работа Архимеда связана с нахождением равновесных положений в жидкости различных объемных фигур.

Все это до такой степени последовательно и строго определяется, исходя из установленных в начале принципов, что нам трудно понять утверждение И. Н. Веселовского в комментарии к этому сочинению, будто «Архимед чисто физически проверял условия устойчивости равновесия, не обращаясь ни к какому теоретическому критерию» (с. 578).

Практика и научный эксперимент. Экспериментальный смысл практической механики

Чтобы двигаться дальше, мы должны внимательнее присмотреться к тому отношению, которое связывает физическую теорию с техникой и практической деятельностью вообще. Это отношение совершенно неочевидно для рассматриваемой нами эпохи, и осторожность здесь тем более необходима, что не было недостатка в сочинениях, где связь без рассматривалась поверхностно и одно-сторонне или же вовсе отрицалась.

Мы уже видели, какую фундаментальную роль играет в системе аристотелевского теоретизирования всеобщая структура «ремесла». Речь здесь, конечно, никоим образом не идет о внешней аналогии, о простом перенесении схемы построения из одной области в другую. Следует, скорее подумать об их общем корне. Но можно задать также вопрос, где находится та точка, в которой может совершаться переход из одной области в другую, где мы находим то предметное понятие, которое оказывается общим как для человеческого ремесла, так и для «ремесла» природы? И если это понятие таково, что оно в равной мере функционирует как внутри существенных процессов природы, так и внутри человеческой практики, то последняя некоторым образом приобретает также и физико-теоретическое значение.

Мы фактически уже нашли это понятие и теперь только подведем краткий итог сказанному.

Решение Аристотелем проблемы движения в рамках общего способа античного теоретического мышления сводилось к тому, что движение понималось как частный случай и как возможность покоя. Всякий акт движения в мире компенсируется соответствующим актом противодвижения, так что в результате (в абсолютном смысле) ничто не изменяется. Таким образом, существенная форма всех физических процессов сводилась к циклам, к кругооборотам: одно возникает, или растет, или качественно изменяется за счет уничтожения, или убывания, или противоположного качественного изменения в другом, одно за-

мещает другое в процессе переживания. Такое движение требует внешнего источника (насилие в самой природе?), но затем может совершаться самопроизвольно, восстанавливая нарушенное состояние абсолютного покоя. Способ нарушения и восстановления равновесия определяется тем, каково это состояние равновесия, его формой (структурой). Поэтому равновесие и его свойства являются сущностью, теоретическим понятием природного движения вообще. Поскольку мы можем представить это понятие в механическом scheme, его исследование — предметное или мысленное — приобретает статус физико-теоретического, экспериментального исследования. Именно поэтому мы так высоко оценивали статические исследования, которые вне такой логической перспективы выглядели обособленными и специальными исследованиями, относящимися к узкой области практического искусства — механике.

Мы уже неоднократно приводили высказывания Аристотеля о том, что искусство частью завершает то, что недоделала природа, частью подражает ей, действуя, может быть, с меньшим успехом, чем она сама. Но подражать можно по-разному. Можно пародировать внешние и поверхностные проявления природы, подражая, собственно говоря, не самой природе, а ее отдельным частностям. Но можно усваивать в своей деятельности универсальный и совершенный способ деятельности самой природы, единый и всеобщий прием, которым она достигает своих целей. Как выясняет физика, этот всеобщий прием состоит в том, что всякое движение, чтобы быть природным, т. е. естественным, должно быть опосредовано состоянием равновесия, что всякое движение существует здесь только как возможность покоя. Поэтому, когда я тану камень по дороге и произвожу тем самым только движение, я должен затрачивать собственную силу, двигать противосто-естественно, т. е. пренебрегая выучкой у природы (разумеется, и в этом случае движение осталось естественным в абсолютном смысле, если включить в рассмотрение все процессы, которые создали мою силу). Напротив, когда я призываю к камню канат, перекидываю его через блок и к другому концу призываю равновесный первому камень, то он будет подниматься, подражая естественному движению, потому что это будет движение, восстанавливающее равновесие.

Таким образом, искусство механики есть искусство *противодействовать природе способом, который подражает интимнейшим приемам деятельности самой природы*. И общим понятием, которое позволяет осуществить такую трансформацию, оказывается понятие *равновесия*. Исследование свойств равновесия, имеющее непосредственно физико-теоретическое значение, оказывается в равной степени важным и для искусства механики.

Но теперь для нас важнее противоположный ход. Разбирая и собирая свои машины, изучая особые случаи и нетривиальные возможности, механики повсюду исследовали еди-

ную форму равновесия, испытывали ее в новых условиях и изобретали новые ее эквиваленты. Понятие, синтезированное в анализе возможных предметных превращений, форм, способных зафиксировать движение (первая стадия эксперимента: идеализация), теперь само должно было подвергнуться аналитическому разложению и обнаружить свои собственные потенции и способность к превращению в другое (вторая стадия эксперимента: экспериментальный анализ идеализованного предмета).

Практический опыт сам по себе ничего не дает физическому эксперименту, но техника становится подлинной экспериментальной лабораторией, если только находится то понятие, которое обладает как конструктивно-технической предметностью, так и теоретической всеобщностью, причем сразу и в области техники, и в области физики. И в случае относительно простой техники древней Греции и Рима эта связь обнаруживается легче и непосредственней, чем, например, в Новое время.

Прекрасным примером того, как единое теоретическое понятие равновесия «работает» в практической механике (точнее, в теоретическом введении к практической механике), является «Механика» Герона Александрийского⁸⁶. Вторая книга этого труда посвящена анализу действия пяти простейших «потенций»-машин, причем, как мы уже говорили, все (за исключением, может быть, клина) сводится к свойствам рычага, весов, круга. Дальнейший текст представляет собой теоретическое построение возможных машин из простейших.

Интересно, что у Герона, который отправляется от готовой геометрической идеализации весов к объяснению действия машин, меняется порядок обоснования. Круг, свойства которого были, скажем, в «Механических проблемах» основанием для объяснения того, что обнаруживается в весах, теперь, напротив, привлекается для того, чтобы кинематизировать архимедову статику с целью применить ее к движущимся механизмам. Так, переходя от описания «потенций» к объяснению их действий, Герон прежде всего объясняет действие рычага, исходя из свойств круга, поскольку именно круг кажется ему более общей для машин формой, чем рычаг (II, 7, 8, 9). Когда же Герон ставит вопрос о действительном теоретическом основании действия этих машин, он возвращается к рычагу. «То, что пять потенций движут тяжести подобно кругам около одного центра, доказано фигурами, которые мы набросали в предыдущем; но мне кажется,— добавляет Герон,— что они более подобны весам, чем кругам, ибо в предыдущем основании доказательств для кругов были как раз даны нами при помощи весов» (II, 20).

Первое серьезное преобразование понятия равновесия, непосредственно отождествлявшееся с понятием уравновешенного рычага, происходит в теоретическом анализе сложных машин. Дело в том, что машины, построенные из элементарных «потенций», греческие механики понимали как нечто единое и цель-

ное, как определенную «потенцию-мощность». Теоретический анализ должен был определить важнейшие параметры, соотношение которых давало бы определение действия машины. Машину, по Герону, следовательно, надо было понять не как составленную из рычагов, блоков, канатов и т. п., а как определенную структуру «развертки силы».

Сила, как известно, «разворачивалась» в размер (величины плеч, диаметра кругов), но, во-первых, с практической стороны не всегда удобно и возможно получить необходимый размер машины, а, во-вторых, с теоретической стороны, расчет эффективного размера сложной машины чрезвычайно затруднен. Имеется, впрочем, другой параметр, до сих пор почти не принимавшийся во внимание, и по которому, в сущности, можно «развернуть» силу. Это — время.

При такой переакцентировке происходит существенное изменение в самой исходной схеме. Уже такая машина, как ворот, входящая в число пяти простейших, хотя принцип ее действия и объясняется с помощью рычага, предполагает одну немаловажную деталь. Если рассмотреть его как колесо, насаженное на вал, ось которого горизонтальна, то равновесное состояние не будет исключать состояние движения. Более того, фундаментальное понятие центра тяжести, интерпретируемое как центр безразличного равновесия, также обнаруживает нам это свойство идеальных концентрических кругов, а именно, что их вращение неотличимо от покоя и не запрещено никакими принципами. Благодаря этому-то и возможны механизмы, в которых состояние равновесия используется как вечно воспроизводящееся состояние, при помощи которого можно производить длительное перемещение грузов. В этом случае параметром, измеряющим соотношение сил, будет время такого перемещения. Время действия есть вместе с тем характеристика, применимая к «мощности» в целом, не требующая анализа ее составных частей.

В результате формулируется «золотое правило механики». Для машин,— пишет Герон,— «где получается большое развертывание силы, получается замедление, ибо нам нужно тем больше времени, чем меньше будет движущая сила по отношению к движимой тяжести, так что сила к силе и время ко времени находятся в том же самом (обратном) отношении» (II, 22). Из рассмотрения одного только рычага мы не смогли бы получить это правило. А теоретический смысл внедрения времени в изучение движения выяснится позднее. Сейчас же важно отметить, как понятие равновесия приобретает черты, которые уже не позволяют отождествить его просто со случаем уравновешенных весов. Оно, как и всякое теоретическое понятие в своем развитии, отъединяется от того предмета, при идеализации которого оно было выработано, и приобретает фигуральный смысл, выясняемый только из всей совокупности теоретических определений, в которые оно развернулось.

Чисто теоретический характер героновых построений, пожалуй, отчетливой всего проявлялся в том, как Герон различает идеальную и реальную машину. «...Мы должны еще заметить,— пишет он,— что если бы все устраиваемые машины могли бы быть при точке и шлифовке их сделаны одинаковыми по тяжести, соразмерности и гладкости, то для каждой из них можно было бы применить упомянутые расчеты по установленным отношениям. Но так как людям невозможно устроить их совершенно гладкими и одинаковыми, то вследствие получающегося в машинах трения, должно увеличивать силы и размеры машин, строя их в несколько более крупном масштабе, чем (как получилось бы) из упомянутых отношений...» (II, 32).

Именно этот теоретический подход, т. е. построение идеальной машины, позволяет Герону во множестве решать практические задачи, не поддающиеся простому «ремесленному» решению. Умение видеть идеальные (геометрические) условия работы машины научило также Герона видеть и то, что не совпадает с ними, например, силу трения (подчеркнем, что в условиях такого теоретического контраста реальные помехи, как, например, сила трения, выступают как потенциально теоретические)⁸⁷. Понятие силы трения (см. также: кн. I, гл. 24)⁸⁸ есть новый аспект понятия равновесия. Герон не оставляет ее без рассмотрения, и получает в результате еще один чрезвычайно важный случай — равновесие на наклонной плоскости.

В 20-й главе I книги Герон пишет: «Некоторые люди думают, что лежащие на земле грузы могут быть приведены в движение только равной им силой; в этом отношении они держатся ложных представлений». Грузы на самом деле «могут быть приведены в движение силой, меньшей каждой известной силы».

Если мы представим симметричный, гладкий и твердый груз лежащим на горизонтальной плоскости, которую можно наклонять вправо или влево, то при самомалейшем наклоне груз получит «склонность» (*бонч*) к движению. Он, таким образом, нуждается не столько в силе, которая дигала бы его, сколько в задерживающей силе, которая должна объяснить, почему реальный груз не сдвигается с места при наклоне. В качестве примера, приближающегося к идеальному случаю, Герон приводит течение воды, части которой «не связаны друг с другом», благодаря чему отсутствует трение, и вода начинает течь при минимальном наклоне (I, 24).

«Это учение приобретено из опыта», — замечает Герон, а именно из различных практических приспособлений, уменьшающих трение. Однако существенное разделение на две силы: «склонность» груза к движению и силу трения (а следовательно, и два вида равновесия) есть результат теоретической идеализации. Это во-первых, позволяло понять разнообразные практические случаи как одно и то же явление, во-вторых, изучить это явление как один-единственный идеальный случай (эксперимент в собствен-

ном смысле слова), в-третьих, раскрыть практические возможности этого явления, скрытые от непосредственного практического опыта.

Мы находим у Герона чуть ли не первое исследование условий равновесия на наклонной плоскости (I, 23). Герон рассматривает гладкую наклонную плоскость и идеальный цилиндр на ней (т. е. касающийся плоскости по прямой). Проведя через линию касания вертикальную плоскость и определяя, какую величину следует отсечь от цилиндра, чтобы он находился в равновесии относительно этой плоскости, мы приходим к выводу, что «нам необходима эквивалентная этой разности сила, которая могла бы ...удержать (цилиндр.— А. А.)». Точный расчет отсутствует.

Мы видим, как далеко заходили механики-теоретики в экспериментировании с равновесием и насколько необычный смысл оно приобретало. Однако при всем том аксиоматическая статика Архимеда оставалась теоретическим основанием всех рассмотренных случаев. Не могло быть никакой теоретической рефлексии этой «экспериментальной» деятельности, этих превращений понятия равновесия до тех пор, пока оставались незатронутыми теоретические каноны, определявшие античный способ мышления вообще.

«Эйдетическое» мышление, оперирующее идеальной формой как теоретическим понятием, определяя собой специфику всех моментов теоретизирования. Оно определяет не только ту идеализацию, свойства которой можно выявить в мысленном эксперименте, в логическом испытании ее возможностей, не только особый характер интерпретаций результатов такого экспериментирования (непосредственно онтологическая, или феноменологическая, интерпретация: открытие истинного вида бытия, космоса, природы — теоретическое созерцание, которое является только зрением высшего качества, но по роду тем же самым зрением, что и чувственное), но и тот магический круг, который им постоянно совершается. Причины и начала суть нечто иное, чем то, чему они служат причинами и началами. Вместе с тем они должны реально существовать, как существуют вещи. Небесный мир абсолютной осуществленности существует в природе как та ее часть, которая сосредоточивает в себе причины и начала (идеи, чистые виды) процессов, могущих происходить в изменчивом мире земли.

Подобным образом и ум, сосредоточивающий в себе логические начала и основания, есть то, что всегда уже существует и в качестве целевой причины движет весь процесс познания (*νοος ποιητις*), который выступает как процесс очищения мышления от случайностей размышления (*δισκοια*) и обнаружения собственного начала (припоминание). Абсолютная завершенность, благо, ум находится в центре, абсолютно покойное состояние которого определяет движение периферийных, неисправленных обучением процессов.

Таково самосознание греческого теоретизма. Теория противопоставлена практике. Она предполагает выход в сферу абсолют-

ного досуга, сосредоточенного в себе мысленного созерцания. Это, однако, не значит, что теоретик созерцает в уме нечто непременное движущемуся и деятельному. Он выходит из дела, чтобы найти его абсолютную цель, всегда уже завершенную действительность, которая как устойчивая в себе универсальная цель действий и движений составляет также и изначальную причину, и первое основание.

Человеческая практика понимается как частное и своеобразное дело смертных. Она случайна в системе природной жизнедеятельности. Предмет теоретика — целокупность природной деятельности, в которую входят также и «механизации» людей, стремящихся обмануть природу. Поскольку и при таком отношении речь может идти об экспериментировании, цель его может быть в том, чтобы установить в «искусственном» некую природоподобную форму движения, в которой и само естественное движение открывается в «технической» схеме. Иными словами, речь идет об установлении единой принципиальной схемы всего круга возможных «искусственных» и «естественных» движений.

В результате все рассмотренное нами экспериментирование в области теоретической механики, сколь далеко оно ни выходило бы за рамки первоначального понятия равновесия, всегда снова сворачивало к нему, определяя его как абсолютное основание, последний и единственный теоретический принцип. Речь шла не об усовершенствовании или изменении машины на основании достигнутого результата. Принцип рычага и все, связанное с ним, только объясняли систему существующей практики, обнаруживая ее естественное, следовательно, по определению, неизменное основание. Равным образом и в теоретическую систему не могли проникнуть через стену этого абсолютного принципа никакие новые понятия. Они (понятия) доходили до механики, всегда уже свернувшимися в известный принцип рычага.

Момент экспериментальной деятельности, продуктивного преобразования фундаментальной идеализации выпадал поэтому из поля зрения греческих ученых, — это, конечно, не значит, что такого момента вовсе не существовало — или он считался чем-то предвзвешенным, несовершенным, косвенным (так, например, Архимед оценивал свою механическую геометрию). Опыт в устах греческих ученых — это либо свидетельство чувств, на которые можно сослаться, но которые мало что значат в теоретическом отношении, поскольку находятся в ряду случайных и, возможно, софистических аргументов, либо отдельные единичные явления и события, которые вызывают удивление и нуждаются в объяснении, либо же, наконец, «действительные» опыты, имеющие характер подтверждающих или опровергающих *примеров*.

Теоретическое мышление направлено на целое, которое само по себе не дано ни в одном опыте. Оно стремится найти уни-

версальный принцип, некую лишь идеально реконструируемую простую схему, которую можно было бы мысленно созерцать в основе любого естественного процесса, чтобы увидеть его как целое в рамках целого.

Сама по себе «теоретическая идея», т. е. фундаментальный ответ культуры на вопрос «Что значит знать?», сначала лишь неявно присутствует в мышлении. На ее основе формируется определенная структура познавательной деятельности, в том числе особый способ соотносить «сущее» и «мыслимое», т. е. вид эксперимента. Вместе с тем теоретическое познание развивается не просто на основании такой идеи. Оно познает предмет, поскольку «припоминает» идею, делает свое подразумеваемое основание предметом своего прямого разумения. Тогда вопрос «Что значит знать?» открывается для мышления во всей глубине своей простоты.

Знание поэтому никогда не есть простая информация, так сказать, сообщение, идущее от природы самой по себе. Условие теоретичности всегда включает в «канал связи» определенную процедуру логической развертки знания в рамках некоторой категорической системы, т. е. системы определений того, что значит знать, — что значит существенное, понятное, истинное. Знание всегда дается в определенной логике знания. Только внутри такой логики конкретно оформляется сама процедура получения знания и его испытания на истинность, т. е. эксперимент.

Греческая наука не по слабости своего ума не двинулась «дальше», а потому, что для нее не было этого «дальше». Ею был определен круг всех проблем, и она так или иначе их решала или же считала в принципе разрешимыми. Науке Нового времени пришлось не столько двигаться «дальше», сколько заниматься перерешением *всех* основных задач античной науки на новом основании и в рамках новой логики.

Наоборот, все понятия, открытия и изобретения эпохи античности, которые как-то «предвосхищают» и «предвидят» достижения новой науки (и которые зачастую составляют единственный интерес историка науки, «для полноты охвата» привлекающего эпохи, предшествующие XVII в.), в античной науке висят в воздухе, находятся вне основного научного интереса и представляют собой скорее случайные затруднения и исключения (как например, некоторые трудности, связанные с инерционными движениями). Эти «вопросы», «проблемы», «опыты» либо остаются курьезами, либо там, где дело доходит до некоторого теоретизирования, производятся понятия, которые точно так же не работают в системе теоретической мысли, как, скажем, игрушки и автоматы, изобретенные александрийскими механиками, были призваны вызывать удивление, а не служить практическим целям.

ЭКСПЕРИМЕНТ И ТЕОРИЯ В ЭПОХУ ЕВРОПЕЙСКОГО СРЕДНЕВЕКОВЬЯ

Лишь относительно недавно историки науки принялись энергично рассеивать ту темную ночь, в которую эпоха Просвещения погрузила отрезок европейской истории, пренебрежительно названный ею Средними (промежуточными, безвременными) веками. Против такого затмения выступил прежде всего дух «факта» и исторической добросовестности, воспитанный самим Просвещением. Однако «темная ночь» успела окутать саму способность исторического понимания. В особенности же это касается естественно-научного мышления, которое все еще склонно рассматривать развитие всей предыдущей научной культуры как процесс заблуждений, обусловленных внешними факторами, и случайных гениальных предвосхищений некоторых кусочков современной науки¹.

Современная история науки пытается понять научное мышление каждой эпохи — и средневековья, в частности, — как необходимый момент в становлении научной культуры Нового времени, без которого невозможно понять и само это становление².

Ни замысел, ни пределы нашей работы не позволяют нам дать анализ научной культуры Средних веков в целом с тем, чтобы найти в ней специфическую форму экспериментальной деятельности. Кроме того, сам предмет, то есть ученый и наука средневековой Западной Европы³, оказывается гораздо более трудным для нашего понимания, чем, скажем, наука Платона или Аристотеля. Христианская культура ближе к нам по времени, но, вероятно, более далека от канонов нашего научного мышления, чем культура Древней Греции.

Наше исследование в этой главе мы ограничим следующими моментами. Сначала попытаемся кратко и только в основных чертах охарактеризовать особенности средневекового мышления. Это необходимо, чтобы выяснить основную для нашей темы проблему, как средневековая наука формирует понятие в его отношении к предмету, или каковы условия экспериментально-теоретической ситуации. Затем мы рассмотрим один из поздних вариантов схоластической натурфилософии, чтобы выяснить, как на деле работает это мышление. Существенным для нашей темы будет анализ теории и методов «конфигурации качеств» — этого

номиналистического способа схематически эксплицировать «сущности». Наконец, придется проанализировать так называемый оксфордский эмпиризм, который многие считают действительной гранью, отметившей возникновение экспериментального метода в духе науки Нового времени.

Мышление в средневековой культуре

Задача, определенная названием этого раздела, требует много-томного исследования, и, разумеется, не может быть решена на нескольких страницах, да это и не входит в планы нашего исследования. Мы хотим лишь на доступном нам материале произвести примерную реконструкцию с тем, чтобы установить наиболее важные, с нашей точки зрения, положения. Задача ограничивается и конкретизируется благодаря тому, что мы разберем лишь несколько характерных черт в развитии средневековой науки: 1) преобразование платонизма в трудах бл. Августина и в так называемых «Ареопагитиках» (IV—VIII вв.); 2) некоторые черты схоластического метода (XII—XIII вв.); 3) тенденции, ведущие к распаду на «реализм» и «номинализм» и к развитию собственно номиналистических методов «репрезентации» (XIV в.).

Один из основоположников западнохристианской теологии и философии Аврелий Августин (354—430 гг. н. э.) принял христианство в возрасте 33 лет. Процесс «крещения эллинской мудрости», слияния многочисленных ручьев эллинистической мысли в единую доктрину христианства, процесс формирования самой этой доктрины в отталкивании от «эллинской мудрости» и противопоставлении ей единой истины откровения — документирован в его сочинениях. В своей «Исповеди» Августин дает нам прекрасную возможность наблюдать этот процесс в автобиографической жизненности. Мы остановимся здесь только на том, что связано со сменой интеллектуальных идеалов.

Первоначальное образование Августин получил в рамках манихейства — учения, проникнутого крайним дуализмом и грубым натуралистическим мистицизмом. Произведение Цидерона «Гортезий» привело его к более культурной философии, в которой он сначала склоняется к скептицизму, господствовавшему тогда в платоновской Академии. Решающим моментом становится, в первых, знакомство с неоплатонизмом⁴ и, во-вторых, беседы с миланским епископом Амвросием.

Во всей этой истории очень четко усматривается момент, представлявший средоточие всех затруднений для мыслителя, воспитанного в традициях античного мышления, обладающего к тому же изощренным эстетическим вкусом и любовью к искусству. «Главная и едва ли не единственная причина заблуждения моего, — пишет Августин, — в том именно и состояла, что я, рас-

суждая о Боге моем, мыслил о нем не иначе, как под условием телесности, и никак не мог освободиться от чувственных понятий и представлений, потому что ничего не мог представить себе в другом виде... И саму мыслящую силу я считал не чем иным, как тончайшей материей, могущую проникать повсюду...»⁴ Проблема состояла в том, чтобы мыслить вневременной и внепространственной дух, *substantia spiritualis*, с такой же ясностью, с какой греческий ум мыслит телесную форму.

Понятия формы, ритма, порядка сохранились не только в эстетике Августина (где они были такими же фундаментальными, какими они были во всей греческой эстетике⁵), но в значительной степени они сохранили также и свое гносеологическое значение. «Когда мы видим, что нечто имеет строй отвечающих друг другу частей, мы не без основания говорим, что оно имеет вид разумный (*rationaliter apparere*). Далее, когда мы слышим, что нечто звучит вполне гармонично, мы без колебаний говорим, что это звучит разумно (*rationaliter sonare*)»⁶. Именно форма и число, согласно Августину, есть то, благодаря чему разум формирует из простого материала чувств многообразные предметы восприятия, и именно единство, равенство и порядок (определенные числом) суть то, что разум стремится постигнуть в природе⁸. Однако ни эстетика, ни гносеология формы не остаются последними основаниями.

Именно неоплатоническая философия дала Августину первый толчок к постижению «духовности» (нетелесного света), противостоящей чувственной «телесности»⁹. Неоплатоновское понимание единого как бесформенного источника форм (идеальная материя, духовная субстанция)¹⁰ было ступенью на пути к созданию иной конценции мышления и бытия, на пути к тому, чтобы уразуметь, как «невидимое существо становится видимым в творении своем»¹¹. Бог как единый бог-творец есть начало и природного формотворчества и человеческого¹². «Таким образом, все, что существует, насколько оно существует, и все, что еще не существует, насколько оно может существовать, форму имеет от бога. Иначе сказать, все получившее форму, насколько оно может получить ее, форму имеет от бога»¹³. Поскольку же форма продолжает пониматься как признак бытия, то бог есть подлинный творец, т. е. «податель бытия». Но, значит, уже не просто форма полагается принципом бытия вещи, но некая божья мощь, сотворившая и поддерживающая вещь в ее бытии. Могущество бога все проникает своим «неоскверняемым искусством». «Ибо без его творчества оно не только не было бы таким или иным, но и совершенно не могло бы быть... И если отнимет от вещей свою, так сказать, производительную силу, то их также не будет, как не было прежде, чем они были созданы»¹⁴.

С концепцией бога как источника бытия связан другой важнейший момент августиновской и всей христианской философии.

Человек в своем бытии также поддерживается богом, поэтому непосредственное общение с богом, обращение к богу как к основе моей единичной личности, общение, которое, следовательно, только затеяется обращением к другим тварям, к чему-то иному, чем я в моей уникальности, интимнее всего происходит в том, что и составляет саму суть моего существа, — в моей душе. Там и только там светит истинный бестелесный свет бога — бытия для существующего и истины для познающего¹⁵. В результате всякая чувственность, «эстетичность» мышления и внимания вообще становится приятствием не только в постижении, но и в спасении своей души. Описанию борьбы с эстетизмом посвящены, может быть, наиболее драматические страницы «Исповеди»¹⁶.

В год своего обращения Августин пишет сочинение под названием «Монологи», в котором Разум в беседе с автором ведет его по руслу неоплатонизма к христианскому богу. В самом начале происходит такой диалог: «Августин. Вот я помолвился богу. Разум. Так что же ты хочешь знать? Августин. Именно то все, о чем молился. Разум. Скажи это кратко. Августин. Я желаю знать бога и душу. Разум. А более ничего? Августин. Решительно ничего»¹⁷. Такова основная установка.

Мы сосредоточиваем внимание на этом вовсе не для того, чтобы еще раз показать принципиальную невозможность для мышления в рамках христианской религии исследования природы или внимания к миру вещей вообще. Напротив. Именно эта казалась бы весьма далекая от нашей темы проблематика позволит, по нашему мнению, уяснить специфический характер понятия предмета в его бытии и истине, которым отличается средневековое мышление. Этот анализ позволит очертить тот узел проблем, который даст нам в дальнейшем возможность усмотреть определенное единство в развитии средневековой мысли, взятый в аспекте нашей темы. Мы хотим понять эти теологические и религиозно-философские проблемы в том отношении, в каком они представляют собой стихию преобразования исходного понятия предмета как формы. Мы, следовательно, берем основную религиозную установку в том виде, в каком она только что была сформулирована, поскольку она формирует определенную теоретическую установку. Мы попробуем понять, что значит для мышления, что все познание рассматривается как исчезающий момент в познании бога и души.

При этом мы не вносим никакой существенной модернизации. Ведь отождествление интеллектуального совершенствования в богопознании с процессом жизненного приближения к богу является не только очевидно для платонизирующего ума Августина, но и непосредственным опытом всей его жизни. Авторитет Писания и Церкви представляется Августину только вожаком и помощником, но никак не заместителем разума¹⁸. И семь ступеней развития разума суть семь ступеней восхождения души к богу.

Именно поэтому теория познания и наука неуловимо переплетаются в сочинениях Августина с теологией и учением о спасении души. Э. Жильсон замечает, что трудно точно различить «говорит ли св. Августин как теолог или как философ, доказывает ли он существование бога или развивает теорию познания, является ли вечная истина, о которой он говорит, истиной познания или моральности, разъясняет ли он доктрину ощущения или последствий первородного греха»¹⁹.

Предметы мира и их познание не просто отвергаются в качестве недостойных, они рассматриваются внутри отношения человек — бог. Бог может общаться с человеком не только в его душе, он обращен к нему и в своих творениях, а это и образует условие, при котором могло сформироваться новое понятие о вещи. Бог это не просто потустороннее и внемирное существо, он составляет также внутреннее определение любой твари. Вот почему христианская мысль не только отпадалась от мира, тела, природы, но и преобразовывала само отношение к ним. Мир и тело понимались как передатчики духовной истины. Природа во всей своей связности есть также путь души к богу²⁰.

Важнейшие определения предмета, вещи, как они понимались христианским мышлением, раскрываются через понятие *творения*, твари. Бог, который является началом бытия и истины, в котором заключены «парадигмы» всех вещей, в его отношении к миру выступает как творец, сотворивший мир из «ничто». При этом возникает целый ряд парадоксальных проблем, которые становятся запиской многообразных мыслительных метаморфоз.

«До творения твоего, — говорит Августин, — ничего не было кроме тебя, и... все существующее зависит от твоего бытия»²¹. «Я мысленно обратил взор свой и на другие предметы, которые ниже тебя, и увидел, что о них нельзя сказать ни того, что они существуют, ни того, что они не существуют: существуют потому, что получили свое бытие от тебя; не существуют потому, что они не то, что ты»²².

Этот парадокс формулирует понятие «степени бытия», вводящее градацию в существующий мир и совершенно особый принцип формы.

Понятие *степени бытия*, которое определяет предмет в его сущности через то, что принципиально не является этим предметом вообще, представляется нам центром вопроса. Эта проблема составляет центр самых разнородных и даже противоборствующих путей христианского мышления. Будет ли это ремесленная практика, где речь идет о способе изготовления и отделке вещей, или же религиозная задача отыскания пути совершенствования и спасения, будет ли это философская проблема определения трансценденталий или проблема истолкования священного текста, решаются ли вопросы политической и церковной иерархии или же разрабатывается алхимический рецепт, — везде мы сталкиваемся с одним и тем же формальным принципом, с понятием

степени совершенства, действительности (и действенности), благородства, истинности, бытия.

В этом, может быть, яснее, чем где бы то ни было, ощутима связь с навыками античной мысли, но также и отчетливее выступает работа обособления, противопоставления, отталкивания. Позже, в XIII в., вновь возрожденный Аристотель изучается и преобразуется в канонического схоласта благодаря последовательному истолкованию его категорий и понятий в том же самом духе степеней бытия, ступеней иерархии, лестницы совершенств.

В «Своде теологии» Фомы Аквинского среди знаменитых пяти доказательств бытия бога находится доказательство от «различных степеней», которые обнаруживаются в вещах». Со свойственной ему полнотой и определенностью Фома концентрирует в этом четвертом доказательстве важнейшие моменты этого круга идей.

Приведем это доказательство почти целиком. «Мы находим среди вещей более или менее совершенные, или истинные, или благородные; так обстоит дело с прочими отношениями того же рода. Но о большей или меньшей степени говорят в том случае, когда имеется различная приближенность к некоторому пределу; так более теплым является, то, что более приближается к пределу теплоты. Итак, есть нечто, в предельной степени обладающее истиной, и совершенством, и благородством, а следовательно, и бытием... Но то, что в предельной степени обладает некоторым качеством, есть причина всех проявлений этого качества; так огонь как предел теплоты, есть причина всего теплового... Отсюда следует, что есть некоторая сущность, являющаяся для всех сущностей причиной блага и всяческого совершенства; и ее мы именуем богом»²³. Заметим прежде всего следующее: бытие или совершенство по отношению к каждому роду вещей есть их полная осуществленность или актуальность²⁴, — уже из этого следует, что бог есть причина всякого движения (первое доказательство); как существующее совершенство и полнота всего бог есть творец или производящая первопричина (второе доказательство); как предел всякого движения, изменения и становления бог есть неизменное и вечное, т. е. вечно необходимое существо (третье доказательство); наконец, совершенство есть цель или телеологическое определение всего сущего и бог как всесовершенство является всеобщей целью (пятое доказательство). Коротко говоря, совершенствование и совершенство, движение существующего к своему бытию составляя как бы внутренний механизм рассуждения во всех пяти доказательствах, а не только специальных предмет четвертого доказательства.

Фома ссылается здесь на Аристотеля²⁵, и действительно, понятие степени осуществленности, актуализованности допустимо в аристотелевой философии, но оно не является для него центральным в процессе понимания. Существенное отличие сказывается здесь как раз в том, что центром внимания становятся не столько крайние определения способности и заверенной актуализо-

ванности, границы возможного движения, сколько наиболее динамичный промежуточный момент осуществления (энергии), усилия подвига, труда восхождения по ступеням совершенствования. Наоборот, крайние моменты лишаются определенности: все сотворено из ничто, лишено любых определений, и движется к тому, что превосходит любое определение. Поскольку же вместе с тем форма продолжает сохранять свой субстанциальный статус, она обогащается такими определениями и смыслами, которые совершенно не свойственны античной мысли.

Присмотримся к этому ближе. Первая особенность понятия степени непосредственно вытекает из отношения к существующему как к тому, что может обладать разной *степенью бытия* (совершенства, истинности) при одной и той же *степени существования* (золото и медь одинаково существуют, но золото есть благородный металл). Форма, стало быть, не просто определяет вещь в ее существовании — она важна как критерий сравнения вещей по степени совершенства, как определение *качества* (степень здесь не количественная мера, она существенно отождествляется с самим качеством; лишь к XIV в. их начинают различать). Например, субстанциальная форма огня — это наиболее жгучий, горячий, блестящий (наиболее «огнистый») огонь, то, в чем он обладает наибольшей степенью бытия в качестве огня. Так и любой предмет определяется в его собственной субстанциальной форме, т. е. в том, в чем он может бесконечно совершенствоваться, становясь все более самим собой, иначе говоря, выступая в своем истинном уникальном облике, в единственно присущей ему *действующей* форме — качестве.

Предмет получает бытие в той мере, в какой он совершенствуется, а совершенствуется он в том, в чем он уже определен как такой-то предмет, в чем лежит принцип его и только его бытия. Субстанциальная форма предмета — это определение его как уникального, как единственного в своем роде, как превосходящего в своей качественности все прочие экземпляры и бесконечно отличающегося от всего другого. «Совершенным», — говорит Фома, — называют то, что не испытывает никакой недостаточности в том роде, в котором оно совершенно»²⁶. Уникальный, ни на что не похожий, единственный в мире предмет является как бы отрицанием всего остального. Так, совершенный свет уже не оставляет в своем блеске места чему-либо другому, совершенный огонь сжигает все. Уникальность как предел и цель совершенствования определена, следовательно, через способность предмета стать равномогущим целому, благодаря своему качественному отличию от всего. Именно этот процесс очищения от чуждого себе, от лишнего, рассеивающего, рассредоточивающего, отрицательное самоформирование есть процесс совершенствования. Бог, который есть всеобщий предел совершенствования, не может быть определен ни формой, ни качеством. О нем нельзя сказать ничего, даже и того, что он есть²⁷. Но вместе с тем он есть бесконечный пре-

дел каждого совершенствования и может быть определен как сверхкачество. Такой путь составляет в христианстве традицию так называемого отрицательного (апофатического) богословия. Этот подход был впервые четко выражен в ряде ранних богословских сочинений, в частности, в так называемых «Ареопагитиках» (V в.), долгое время приписывавшихся Дионисию Ареопагиту, ученику и современнику апостолов. Некоторые положения, почерпнутые из сочинения «О божественных именах», помогут нам уяснить важные моменты²⁸.

Основной ход мысли, приводящий к отрицательному определению бога, состоит в следующем: бог есть причина и начало всего, всеобщее основание и единственный источник существующего. В связи с этим он не может обладать ничем из определяющих того, началом чего он служит; он не может встретиться среди того, что он обосновывает, иначе пришлось бы искать еще более глубокого основание. Бог есть источник блага, жизни, существования, мудрости, и именно поэтому он не есть нечто благое, живое, существующее, мудрое. «Имя сущего распространяется на все существующее, но и превосходит его, имя Жизни — на все живое, превосходя его, имя же Премудрости — на все мыслящее, словесное и чувствующее и вместе с тем превышает всего этого»²⁹. Разумеется, «...божественное должно мыслиться богособразно. Ибо безумие и бесчувствие должны приписываться богу по презбытку, а не по лишению. Подобно тому, как мы приписываем безумие тому, что превышает разума, а несовершенство тому, что превышает и первичные всякого совершенства, так мы называем неосознанным и невидимым мраком неприсутний свет по презбытку видимого света»³⁰.

Таким образом, предел совершенства всего существующего в любом качестве есть отрицание этого качества, как, например, огонь, который сжигает все и мгновенно, уже не является огнем, потому что ему ничто не противостоит. В движении, в стремлении к этому пределу только и существует существующее, собираясь в самом себе, сосредоточиваясь, объединяясь в некую *неразличимо единую точку*, в противном же случае распадаясь, разлагаясь, разрывающаяся, рассыпаясь вновь в ничто, падая в пропасть небытия. Только в таком взаимоотношении качественного существования и сверхкачественного бытия (даже сверхбытия), только в этом их взаимоопределении и состоит вся определенность «тварного» бытия. Путь восхождения от ничто к сверхчуждому и нисхождения сверхсущего к не-сущему выражается следующим образом: 1) «...через исследование устройства всего существующего, которое из него произошло, и является неким изображением и подобием божественных парадигм мы, в меру наших сил, восходим надлежащим образом и порядком путем отрицания и превосхода в запредельную область всеприничны»³¹ 2) «воспевая ...в ее запредельности невыразимую, неуразумеваемую и безумную Премудрость, скажем, что она является причинной вся-

кого ума и разума, всякой мудрости и постижения»³². Узел противоречий, который завязывается в этом движении мысли, сосредоточивается в божь, понимаемом как совпадение противоположностей (*coincidentia oppositorum*), учению о котором в разбираемом сочинении посвящена вся 9-я глава. Бог велик, превосходит любую меру и мал, ускользает от любого измерения и составляет основу любого точнейшего различия. Он тождествен, будучи единым и единством всего, «инаковость же присуща богу потому, что он всем промышляет и все спасая, всем во всем становится»³³. Он неизменен и превосходит интенсивность всякого изменения³⁴.

Здесь для нас важно зафиксировать следующие противоборствующие определения. С одной стороны, истина предмета и его бытие всегда впереди него, всегда больше и выше того, что он есть, но, с другой стороны, они составляют саму суть его уже состоявшегося существования, его собственную природу. Божественная интеллекция предмета, т. е. участие его в целом, превышающем всякое телесное определенное целое, вносит в предмет момент бесконечной потенции. Для выражения субстанциальной формы, души, природы уже недостаточно простого определения функционального единства. Совершенствование, улучшение, сосредоточение в своей субстанциальной форме есть задача, лежащая в бесконечной перспективе.

Совершенствующая деятельность как суть бытия сотворенного делает основой существования субъектно-деятельное начало — внимание, волю, усилие — и направляет его по вертикали спасения — гибель, благо — грех, ближе к богу — дальше от него. Поскольку же остается уже упомянутое нами непосредственное отношение к существующему как к тому, что может обладать разной степенью бытия при одной и той же степени существования, возникает другая характернейшая для всей христианской культуры феномен — *иерархия*³⁵. Она выполняет роль универсального божественного, космического, церковного, политического порядка, гармонии.... «Тот, кто говорит о священноначалии, разумеет под ним некоторый священный мирообъемлющий порядок, который есть образ богоначальной красоты и который осуществляется через ряды священноначального устройства и знания таинства своего просветления, в меру возможного уподобляясь своему началу»³⁶. И это сталкивает нас с еще одной трудностью, с одной из основных трудностей всего средневекового мышления — с проблемой уникального и всеобщего.

Мы говорили, что движение любой твари к богу — к своей идее (парадигме) в божь есть проблема бесконечного усиления того качества, с которым связано само понятие бытия, т. е. бесконечная уникализация. Эта бесконечная цель саморазвития (а только в этом движении сотворенное черпает свое бытие), всегда потусторонний предмету *actus* есть вместе с тем всеобщий *actus*. В результате совершенствование своего необходимо

становится объединением с иным и снятием именно своей особенности как несущественного, лишнего и греховного.

Совершенный, уникальный, наилучший не уничтожает и не «отменяет» менее совершенный мир, он является по отношению к нему образцом, живым свидетельством, наставником, учителем, пастырем. Это единичное и единственное лицо выступает как чистая всеобщность и истина всего мира и как сам бог. На этом непосредственном и неразличимом взаимопревращении уникально-единичного в абсолютно-всеобщее основан принцип христианской иерархии — общины, церкви, собора, священства.

Универсалия человека вообще существует как уникум Сына человеческого, и то, чем кто-либо отличается от него, есть как раз лишнее, ненужное, греховное, нарушающее единство этой единичной души. Вместе с тем это не некая абстрактная сущность, а совершенно единичное лицо, становящееся для мышления абсолютно фактическим и эмпиричным. И только при том условии, что процесс совершенствования понимался как процесс уникализации, в качестве всеобщего может выступить уникум, но только исключая любой другой уникум.

Весь этот культурно-феноменологический анализ позволяет конкретнее очертить внутреннюю архитектуру средневекового мышления и, следовательно, различить в нем форму возможного теоретического отношения и функциональный момент, соответствующий экспериментальной деятельности (а здесь этот момент внешне менее всего подобен тому, что мы привыкли связывать с таким понятием).

Чтобы вплотную подойти к проблеме, подумаем о таком объекте, который суммарно и демонстративно сосредоточивает в себе намеченные выше категориальные черты средневекового мышления и в то же время может представлять собой идеально сформированный предмет мышления, т. е. форму, в которой каждый предмет становится доступным теоретическому рассмотрению.

Отметим сначала следующую характерную черту в культуре средневековья.

Иерархия священства основана на иерархии священных текстов. Святое Писание есть откровение самого бога, далее следуют слова апостолов и труды апологетов, составляющие основу Предания. Затем — догматотворческие труды соборов и сочинения отцов и учителей церкви. Иерархия слова пронизывает и повседневную жизнь христианина: папская энциклика, прочтенная назвусь молитва, услышанная проповедь, обращение к священнику или к самому богу — все это жизнь в слове, и ее мы можем наблюдать также в научной, педагогической, практической жизни.

Слово — писание и предание — является не только воплощением священного смысла и водителем на пути к спасению, оно пронизывает собой культуру европейского средневековья в целом, составляя как бы систему ее животворных сосудов. Послания, жития, проповеди, наставления, летописания, кодексы законов,

городские уложения, охранные грамоты, монашеские и цеховые уставы, тайны мастеров и магические слова алхимиков — все от единого святого Писания до восковой таблички начинающего ученика было пронизано словом.

С самого раннего средневековья развивается подлинный культ книги. Уже одно только чтение даже без понимания смысла было признаком просвещенности, а понимание ставилось в особую заслугу³⁷.

Такое отношение к слову, тексту, книге имеет свое основание как в определенных чертах древней варварской жизни, так и в той ситуации, которая сложилась в результате общения нового христианского мира с греческой и римской культурой, — в ситуации, определившей собой лицо европейской культуры вплоть до X—XI вв. Не входя в подробности, мы укажем здесь только несколько характерных деталей.

Ситуативность и маго-ритуальность первобытного, «примитивного», варварского мышления проявляется, кроме всего прочего, и в том, что там, где дело доходит до фиксирования (в целях сохранения и передачи) всеобщих установлений или истолкований, неопределенная всеобщность слова или смысл священного имени должны были быть раскрыты в развернутом повествовании воспроизводящем то единичное событие, которое должно служить всеобщей моделью. Слово и действие (событие, ситуация) слиты в неразделимое единство. Никакой предмет и никакое событие ничего не значат, если они не выступают в действии рассказа, во плоти слов. А. Я. Гуревич, анализируя памятники варварского правосознания, пишет: «Слопш и рядом изложение правового обычая в судебниках неразлично сходно с короткой новеллой: перед нами разыгрываются реально изображенные, живые эпизоды из правового быта варваров, весьма напоминающие соответствующие рассказы исландских саг на эти же темы»³⁸.

Контекстуальность, новеллистичность, казуистичность — определение события через воспроизведение его в слове и определение значения слова через уникальный контекст — это тот архаический, варварский обыденный рассудок, который вошел в плоть и кровь средневековой культуры и стал одним из источников логического рассудка схоластики.

Второй особенностью, свойственной уже самой христианской культуре, является сложное отношение к предмету (к человеку, миру, богу), порожденное двойственным комплексом — превосходства и неполноценности, которым христианство страдало по отношению к языческой, греко-римской культуре. С одной стороны, первоначальная грамотность, исходная эстетическая и мыслительная культура, всегда находились в языческих источниках. Текст чужой, иноязычной (греческой или латинской) культуры всегда находился между человеком и предметом, и понимание его смысла было необходимым условием ученого, просвещенного отношения к предмету. Но, с другой стороны, слово божественного от-

кровения с самого начала несоизмеримо превосходило слово «языческой мудрости», превосходило также и смысл самого мира, будучи его запредельной истиной.

Таким образом, слово было тем, что необходимо *предшествует* всякому предметному познанию, но также и тем, что является *результатом* и *целью* этого познания, впервые помещающим его в свет подлинной истины.

Для христианина истина не только есть и живет, но и — более того — *она всегда уже открыта в слове, высказана, возвещена*, так что все дело человека состоит теперь только в том, чтобы правильно *услышать* истинное слово, благоговейно *внять* его сокровенному смыслу. Это развивает специфически дисциплинарный дух — дух вечного школярства, ученичества, послушничества, но также и дух наставничества, проповедничества, пастырства, который так характерен для христианской культуры и превращает ее в некую тотальную школу.

С другой стороны, само школьное преподавание имеет в качестве фундамента грамматико-риторическое образование. Триумф начальных, фундаментальных наук включает в себя грамматику, риторику и диалектику. Латинский язык, речевые формулы и штампованные формы письма, наконец, методы диспутиаций и формально-логические правила — таков необходимый багаж любого ученого человека средневековья. Таким образом, первый предмет, с которым сталкивался ученик, это слово и текст, в анализе которого и развивались методы его мышления. Но также и последний предмет, предмет парцпы всех наук — теологии — это божественное Слово, замыкающее христианское мышление в единую и целостную систему.

Сам метод преподавания был целиком ориентирован на слово. До сих пор грамматические учебники «закрепляют» приобретенный материал с помощью такого средневекового метода, как определение нужного слова или нужной формы слова по соответствующему контексту предложения. Переходной к риторике формой было уяснение глубинного смысла слова при помощи «аллегорических» или «символических» толкований, которые осуществлялись в притчах, баснях, загадках, вопросах-загадках (все это нужно было еще и как мнемоническое средство для запоминания грамматических правил)³⁹.

Предмет мысли выступает, следовательно, как необходимо и глубоко обусловленный формой слова. Он открывается на скрещении *формально-грамматического анализа* и *глубинно-символического толкования*. Слово — наглядное воплощение этого скрещения — и есть то, как предмет выступает для мысли, *мысленный предмет*.

Все черты, которые мы пытались выделить в качестве характерных для христианского мышления, присущи мысли, имеющей слово в качестве своего предмета, а само слово обладает всеми свойствами, которыми отличается новое понимание формы.

Слово как раз и обладает парадоксальным сочетанием таких качеств, как четко определенная и подтверждающаяся простотой и строгому анализу грамматическая форма и неуловимый, превосходящий любое ограничение, выходящий из рамки любого контекста дух-смысл. Оно есть в равной мере телесная и бестелесная форма. Смысл выступает здесь как некий запредельный предел бесконечного уточнения, утончения, уникализации, отрицательно определяемый бесконечно разрастающимся контекстом. Слово свободно может двигаться на разных смысловых уровнях — не только в традиционном для христианства символически-истолковывающем смысле, но и просто потому, что одно и то же слово может быть и в контексте черной книги, и в ремесленном уставе, и в сакральном тексте Писания.

Уникальная однозначность истинного смысла слова есть условие его достоверности, т. е. всеобщности. Его слышит каждый в отдельности, как будто оно сказано лично для него, но его значение является универсальным и объединяющим всех в единое слушание-послушание. А это слушание-послушание единого наставнического слова, направляющего мою жизнь, мысли, поступки, порядок действия, и есть основная добродетель, благочестие и творческая способность христианина⁴⁰.

Звучание божия слова в слухе (внешнем и внутреннем) верующего и есть само присутствие бога в нем. Именно качества слова удовлетворяют необходимым атрибутам бога в его общения с миром. То, что бог есть абсолютная личность, выражается прежде всего в том, что его бытие, присутствие не телесно, а словесно. Он может покинуть любую форму, сам понимается как неизреченный и молчаливый, но его прямым свидетельством является творческое слово откровения. И только творение словом соответствует вообще представлению о творении: изреченное, оно ничего не отрицает от рекшего, услышанное и воспринятое, оно определяет (творит) мысль, поступок, жизнь. Слово, речь, язык — это и есть та духовная субстанция (*substantia spiritualis*), бестелесная форма, непосредственная действительность духа как духа.

Наш современник Фауст, хорошо знающий, как «словами диспуты ведутся, из слов системы создаются», смело переводит начало Евангелия от Иоанна: «В начале было дело», но для христианского мира истолкование греческого Логоса в смысле божественного слова, понимание самого Христа как воплощенного божьего слова, а мира, как сотворенного божьим словом, имело гораздо более прямой и буквальный смысл⁴¹. Слово это то, в чем бог и человек имеют друг для друга чистую и невозмутимую среду общения. «Для Слова, — спрашивает Григорий Низианзин, — что предпочтительнее словесных тварей?»⁴²

Мир и любая ситуация в христианском мире рассматривается как определенный контекст, имеющий для человека смысл под- сказки, намека, притчи-поучения. Любая ситуация может быть

рассмотрена как речь бога к человеку. *Вещь* понимается, когда она раскрывается как *вещание*⁴³ бога. Понять вещь — значит понять ее божественный замысел, воспринять творческое слово. Отсюда традиционное определение истины: совпадение человеческой мысли о вещи и ее божественного замысла⁴⁴. Именно поэтому авторитет слова, аргументирование от слова (*argumentum ex verbo*) является не столько свидетельством отшахающегося от мира и пренебрегающего чувственным предметом средневекового духа, сколько специфической формой постижения самой предметной истины.

Бог, остающийся неизреченной целью всякой речи, абсолютно уникальным смыслом, требующим для своего «выражения» бесконечно уточняющего контекста, вносит в теоретическую речь, в словесное мышление средневековья постоянное беспокойство и мучительную подвижность. Именно потому, что священные тексты Писания или Символа веры выступают как единственные абсолютно устойчивые и неизменные, всякая иная речь существует под смиренным знаком самоотрицания и непосредственно порождает противоречие, которое, уточняя, уничтожает ее, возвращая мысль вновь к каноническому слову веры. Это развитие мыслящей речи в ситуации внутреннего самоотрицания, в форме парадоксальной антиномии перед лицом сверхмысленного смысла божественного откровения (где все противоположности мистически совпадают) создало специфический стиль средневековой литературы, а также определило по существу стиль самого мышления.

Любая мысль развивается как охранительная, как возражение, направленное против существующего или возможного еретического толкования; только в таком опровергающем контексте вообще может существовать позитивная мысль — сама по себе она не обладает никакой позитивностью. Любое новое знание, открытие, изобретение производятся заботливой предусмотрительностью с тем, чтобы уже заранее предохранить чистоту веры от их еретического вторжения. Экспериментирование, которое здесь, в этой специфической ситуации средневекового мышления, следует понимать в смысле *толкующего анализа* и *синтеза внешней и внутренней формы слова*, состоит в предвзятом открытии возможных уклонов с целью заранее опровергнуть их. Подобно тому, как в пустыне дьявол изобретает для аناхорета все новые и новые искушения, чтобы святой мог их победить, подобно тому, как в городской общине или в цеховой гильдии неожиданный, новый случай служит поводом только для еще одного регламентирующего пункта в уставе⁴⁵, основным стимулом движения мысли является опровержение возможного сомнения, инкономисия, неточного толкования. Только ночь помрачения, забывания, сомнения, интеллектуального соблазна есть сфера действия праведного ума, свящего, как луна среди ночи, отраженным светом солнца-веры⁴⁶.

Вместе с тем ни одно индивидуальное толкование не могло получить статуса истинности⁴⁷, поэтому, *во-первых*, контекст авторитетных цитат служил необходимым средством для гарантии истинности смысла собственного слова, *во-вторых*, труд мыслителя в целом получал свое одобрение или осуждение в авторитетных церковных кругах и только после этого мог также и сам служить авторитетным текстом. Только такой путь встраивания во всеобщую мысль мог привести к ясному сознанию ее высокой качественности к тому чувству достоверности и обеспеченности собственной мысли, которая и составляет освобождающий момент познания истины.

Разум и наука должны служить теологии, они являются ее чернозубыми, т. е. выступают там, где имеются «помышления», разноречив, рассеянное и лукавое несовершенство мысли. Мышление движется в мире с целью движения духа к небу. Вера же есть совершенство и сверхсовершенство мысли, непосредственное внимание гласу божью. «Тварная» мысль существует только в этом движении к самопревышению либо на отрицательном (апофатическом) пути к умному неведению сверхразумного сверхнакала (мистика), либо на положительном (катифатическом) пути бесконечной шрифтики формы, различения, разграничения смыслов, значений, определений, на пути бесконечной «сублимизации» понятийных оттенков слова (схоластика). «На... богословие, — говорит Августин, — я смотрю как на дарованную Тобюю нам способность и возможность выражать в многообразных образах одно наше понятие и находить многообразные смыслы в том, что прикровенно выражается для нас под одним только смыслом. Так наполняются воды в море (мыслей наших), которые приходят в движение не иначе, как от различных значений, приписываемых словам»⁴⁸.

Таковы истоки схоластического метода, в частности, и стиля средневековой словесности вообще. О. А. Добиаш-Рожественская в своем интересном очерке о средневековой Западной Европе пишет: «Семь свободных искусств» ранней школы... в школах XI и XII вв. все более творчески развивают свой гуманитарный «триумф» (грамматика, риторика, диалектика, — А. А.), создавая в рамках диалектики настоящую религиозно-философскую науку. Приняв за метод, предложенный Абеляром «да» и «нет»: выявление противоположностей, «диалектический» анализ содержания, за форму преподавания — диспут, эта школа внесла в знание плодотворный дух борьбы, углубила, в надежде на их высший синтез, естественные антиномии религиозности»⁴⁹. Но именно «лингвистические» интуиции — внешняя дисциплина формально-грамматической логики и глубинно-смысловое внимание к слову⁵⁰ — определили собой основные особенности схоластического стиля, его внутреннюю форму. Слияние же этих форм с категориями возрожденного к XIII в. аристотелизма надолго определяет и само содержание схоластических доктрин.

Отношение между предметом, понятием и словом стало центральной проблемой теоретического мышления. Только «лингвистическое» мышление, для которого именно слово представляло собой предметно-понятийное единство (понятие для предмета и предмет для понятия), для которого текст, речь, высказывание представляли собой как духовную субстанцию, возможное место: лишь божественных догматов, так и формальную, синтаксическую структуру, — только такое мышление могло породить номиналистическо-реалистическую полемичку. Неявная трактовка всеобщего и единичного, интуитивное понимание взаимоопределений, который явления и бытия уже присутствует в той двойственности, которой чревато слово. С одной стороны, это звучащий смысл, ягучий чреватое слово. С другой стороны, это послушное внемлет верующий, наконец, — собственное имя, заставляющее оглянуться на воз, но, с другой стороны, — это всего лишь звук, знак, термин, нарицательное имя, название⁵¹.

Первую доктрину крайнего номинализма мы встречаем в конце XI в. у Росцелина Комьпенского (1050—1125). Согласно Росцелину, общие идеи, универсалии — только имена (nomina), пущенные звуки (flatus vocis), Ансельм из Аосты, кентерберийский епископ, говорил: «В уме этих философов разум, который призван быть глгодем и судией всего, что существует в человеке, до такой степени окутан материальными образами, что он не может выпутаться из них или же отделить от них те вещи, которые должны содерать в их подлинной чистоте»⁵². В XII в. с критикой крайнего номинализма и вульгарного реализма выступил философ, которого считают первым деятелем собственно схоластического метода⁵³, Петр Абеляр. Он разрабатывает теорию «концептуализма», согласно которой универсалии не суть ни voces, ни res, — это sermones, слова-концепты, сформированные человеческим разумом из абстракций реальных вещей⁵⁴. Поскольку метод получения этих абстракций совпадает с тем способом, каким вещи сами группируются в некоторые общности, концепты не являются также просто словами. Во всяком случае вид понятий (modus intelligendi) никогда не достигает вида существования (modus essendi).

Но номинализм получал живительные силы из формально-грамматической логики, из теории формальной структуры текста как всеобщей теории возможного истинного смысла. Поскольку, как мы видели, только бесконечный контекст может быть условием однозначного смысла, теория истины становится теорией текста как такового, т. е. грамматикой. Так, в 1159 г. в сочинении «Metalogicon» Иоанн из Солсбери выставляет знаменитое утверждение: «Грамматика — колыбель всякой философии»⁵⁵. Сама же философия понимается как наука о значении слов.

Борьба «реализма» и «номинализма» (мы не можем здесь заниматься ее историей) это лишь доведение до конца внутреннего противоборства, которым чревато средневековое мышление в

целом и которое коренится в строении любого доктринального «концепта». Это противоборство, может быть, нагляднее, чем другие формы, раскрывает то, что можно назвать «теоретической ситуацией» средневекового мышления и с чем связана соответствующая «экспериментальная ситуация». Если в античности экспериментальная проблема возникала в рамках теоретического наблюдения, то для средневекового мышления соответствующий конфликт возник как характеристика *теоретического истолкования*.

Истолкование — вот как можно определить функциональный аналог эксперимента в теоретическом мышлении средневековья.

Священный текст обнаруживает свою священную глубину в процессе бесконечного истолкования. Он не столько гласит нечто, сколько указывает путь к истинному смыслу. Текст герменевтичен сам по себе. Он не только нуждается в истолковании, но внутренне переходит в самоистолкование. При этом сам священный смысл никогда не может быть эксплицирован. Он усваивается *сверх* истолкований.

Подобно этому и вещь рассматривается не как простая наличность, исчерываемая своими внешне обнаруживающимися свойствами. Так, вещь, изготовленная мастером, появляется в силу того, что имеется, конечно, совокупность приемов-предписаний (утвержденных, отчетливо-определенных, алгоритмичных) по ее изготовлению, но сам этот рецепт сохраняется в тайне и, кроме того, в появлении вещи участвует *тайное искусство* мастера — *превосходящий* всякое предписание акт творения, вкладывающий в произведение его субстанциальную форму⁸⁸. Аналогично любая вещь представляет собою совокупность акцидентально-формальных определений, свойств, признаков, в которых вещь *существует* и может быть исследована. Но *сверх* того она имеет субстанциальную форму, в которой вещь *существует* и которая как бы самоистолковывается в вещи как системе акцидентальных качеств-действий.

Движение-действие не столько дает возможность усмотреть систему естественных мест или чистых актов, сколько оказывается единственно доступным наблюдению. Точка же покоя скрыта.

Экспериментирование остается мысленным преобразованием идеального образа (изменение способа видеть вещи), однако его нельзя уже определить как форму теоретического наблюдения. Вещи истолковываются, расширяются как гласящие о своей сути, ведущие к ней, как формы акцидентальных действий, проявления, обнаружений *скрытого*. Сами вещественные определения (формы, качества) суть лишь определения возможных направлений и способов проникнуть в вещь, а вещи — «сказаться» во внешнем существовании. Но подобно смыслу слова, субстанциальный *actus* вещи бесконечно превосходит «сказанное» в ней.

Нам незначит реально преобразовывать предмет, потому что среди его акцидентов ни одна не свидетельствует о его сущно-

сти яснее, чем другая. Нужно лишь научиться мысленно смотреть на предмет так, чтобы все его свойства и качества совокупно гласили о действии творения и о творце. Свойства вещи не то, чем она обладает и посредством чего может быть описана. Они имеют характер симптома, признака, указывающего на скрытую субстанциальную форму (формулу, действие). Посредством них вещь может быть истолкована.

Образ вещи раскрывается так, что с точки зрения нашей проблемы вещь предстает как эксперимент над самой собой. Экспериментирование как истолкование включает в себя проблему смысла. Когда в современной физике говорят, например, о «физическом смысле», речь не идет ни о формулах, ни об инструментальных, ни об отдельных экспериментальных событиях, ни о натурфилософской онтологии. Смысл существует только в единстве этих «сторон», т. е. там, где «прибор», «язык» и «мир» являются перед нами как акциденции *одной* «вещи».

Эксперимент-истолкование склонен к расщеплению на две плоские проекции — на эмпирический формализм и метафизический рационализм. Однако и в номинализме, и в реализме одинаково господствует логика истолкования⁸⁹.

Понятие предмета в позднесcholастической науке

Эти общие особенности средневекового мышления, обычно игнорируемые историками науки, возможно, делают для нас более ясным то своеобразие, которое отличает также и собственно физическую мысль средневековья. Это необходимо, как мы уже говорили, для того, чтобы рождение науки Нового времени не казалось чудесным и мистическим событием. Но, может быть, еще более важно увидеть научный смысл физики XIII—XIV вв. не только как переходного и подготовительного этапа — в настоящее время это ясно большинству историков физики, — а как своеобразной самостоятельной теоретической возможностью.

Решительный поворот ученых людей средневековой Европы к естественнонаучным проблемам начался, по-видимому, с XIII в. Этому способствовали многие события как в социальном мире, так и в мире идей, на которых мы здесь не имеем возможности останавливаться⁹⁰. Важнейшими научными событиями были распространение греческой науки, комментированной и развитой арабами, а также усвоение интеллектуальной культурой этого времени «Метафизики» и «Физики» Аристотеля⁹¹. То обстоятельство, что наука Западной Европы оказалась способной усвоить и преобразовать весь этот мир, говорит об их внутреннем родстве и позволяет нам усмотреть известную непрерывность в развитии физической мысли, несмотря на то глубокое преобразование, которому она подверглась в рассматриваемую эпоху. Именно это

сродство позволяет нам лучше понять сущность физической мысли средневековья во всем ее своеобразии.

Вместе с тем именно аристотелизм, как мы старались показать, был в античную эпоху тем учением, в котором конкретнее всего была разработана тема, составляющая содержание нашей работы: как возможно экспериментально-теоретическое познание природы и в каких формах оно протекает. Поэтому именно в средневековом аристотелизме мы можем надеяться найти соответствующую проблематику и определенные решения. Тем более, что, как известно, революция, которой сопровождалось рождение новой науки, тесно связана с полемикой и теоретическим преобразованием именно схоластического аристотелизма.

Мы должны теперь осветить три момента. *Во-первых*, следует рассмотреть, какое понятие всеобщей вещественной структуры формировалось в схоластической натурфилософии, т. е. что стремился понять в природе физик-схоласт, что составляло для него принципиальную теоретическую проблему. *Во-вторых*, следует выяснить, какие специфические орудия понимания создавались в схоластическом методе и как они изменяли исходное понятие предмета. Наконец, *в-третьих*, мы имеем возможность проследить, как определенное решение реалистско-номиналистической проблемы и своеобразное объединение формы понятии предмета и формы предметности понятия приводит к разработке определенного мысленно-экспериментирующего метода исследования и объяснения.

*А. Основная проблема позднесхоластической натурфилософии*⁶⁰

Предпосылкой всякого возможного теоретического подхода к предмету является определенная концепция того, что мы хотим и можем узнать, т. е. концепция предмета знания. В такой концепции фиксируются и границы, определяющие познавательные возможности способа мышления данной исторической эпохи. Вот почему анализ натурфилософии или метафизики эпохи необходим, чтобы понять единство путей движения ее науки.

Натурфилософия XIII—XIV вв. формулируется в аристотелевских терминах, смысл которых сильно меняется в соответствии с изменением всей системы мышления. Основной проблемой остается вопрос о том, как возможно образование сложной вещи из элементов,— вопрос, логически коррелирующий с вопросом: как возможно теоретическое построение вещи (понимание). Схоластическая натурфилософия формулирует эту проблему в виде аристотелевской проблемы смеси (mixtio; $\mu\epsilon\tau\epsilon\sigma$) и, решая ее, существенно меняет соотношение основных аристотелевских категорий⁶¹.

Согласно этому учению все материальные вещи (composita) распадаются на элементы и смеси, а смеси, в свою очередь,

на живые и неживые. Элементы (огонь, воздух, вода, земля) в чистом виде встретиться не могут. Любая «композиция» может быть кажущейся смесью (mixtio ad sensum) или истинной смесью (mixtio secundum veritatem), т. е. такой, каждая часть которой однородна, и именно истинная смесь представляет собой проблему. Самостоятельная вещь — subjectum — есть простая («субстанциальная форма»). Но, если четыре первоэлемента суть четыре элементарных субстанциальных формы, возникает вопрос, каким образом возможны сложные вещи как субстанциальные формы, т. е. как истинные смеси. Ведь после того как одна субстанциальная форма «информирует» первоэlement, она может принять в себя другую форму только при полном уничтожении первой.

Здесь важно уяснить, какому изменению подверглось понятие формы вообще, и субстанциальной формы в особенности. В первом разделе этой главы мы нашли, что понятие формы образуется в столкновении с другим, более существенным для средневековья понятием — степеней бытия, действительности, качества. Элементарная субстанциальная форма проста, т. е. она более не понимается как телесная форма (пусть даже идеальная), ее субстанциальность означает лишь тождество ее с определением бытия предмета, а это последнее понимается через форму совершенствования, способ действия, характер действия.

Таким образом, субстанциальная форма это не чистый эйдос вещи, а некая существенная форма действительности: качество ее бытия.

Определение четырех элементов стоит поэтому в тесной связи с поисками изначальных (элементарных) качеств-активностей. Активные первокачества должны составлять пары противоположностей, чтобы их многообразные сочетания могли давать весь спектр промежуточных качеств. Так истолковываются две аристотелевские пары: теплое — холодное и сухое — влажное. Объединяясь попарно в четырех комбинациях, они образуют акцидентальные формы четырех первоэлементов: жар и сухость огня, холод и сухость земли и т. д. Характерное отличие от Аристотеля сказывается в том, что каждый элемент сам представляет собой субстанциальную форму-качество помимо своих акцидентальных свойств: огонь — огнистость, земля — землистость и т. д. (А. Г., S. 11). Субстанциальная форма действует только через свои акцидентальные свойства, которые способны действовать «в силу» (in virtute) своей субстанциальной формы. Действующие качества суть «непосредственная причина», а субстанциальная форма «конечная причина».

Сущность вещи, таким образом, определяется как источник и причина ее воздействия на другое (совокупность свойств). Говоря языком этой натурфилософии, субстанциальная форма есть деятельный субъект, активная причина своих акцидентальных свойств-способностей. Являясь основанием своих свойств, она сама не может быть обнаружена в каком-либо особом отношении.

Она остается *скрытым качеством* подобно тому, как подлинный предмет речи (субъект) не выражается полностью в высказывании и не может быть отождествлен с подлежащим предложения. В связи с этим ставился вопрос о том, как же продуцируется субстанциальная форма, например, при образовании сложного «субъекта». Было ясно, что всякому производству новой субстанциальной формы предшествует известное взаимодействие и изменение (alteratio) участвующих качеств. «Но сама introductio субстанциальной формы происходит не в этом процессе и не обусловлена причиной земных qualitatibus et virtutibus — здесь вмешивается... высшая потенция, в качестве которой почти всегда принимались virtus caeli, или интеллигенция» (A. G., S. 13) ⁶².

Поскольку решение вопроса о том, как соотносятся друг с другом сферы чувственно-воспринимаемого акцидентального существования вещи и его сущностного источника, является основным для развития теоретической установки, мы должны ближе рассмотреть к проблематике mixtio.

Существовало три формы решения основной натурфилософской задачи, как пребывают субстанциальные формы элементов в едином субъекте смеси. Каждое из этих решений по-новому поворачивает всю систему определений.

Авиценна в комментариях к «Физике» и к «О возникновении и уничтожении» разработал следующую схему образования сложной субстанциальной формы. Исходные элементарные качества испытывают взаимное ослабление (costigatae remissio) и, затем, сочетаясь, образуют новое среднее, промежуточное качество. В результате материя оказывается подготовленной к тому, чтобы «подать форму» (dator formae) ввел в нее новую форму, добавляющуюся к четырем элементарным. Таким образом, согласно Авиценне, для каждого акцидентального качества всегда есть известное пространство, измерение (latitudo), в пределах которого его интенсивность может изменяться, причем это не касается природы той субстанциальной формы, которой присуще данное качество (огонь, например, может быть более или менее жарким, не переставая быть огнем). Ослабление качества есть изменение (alteratio), а не уничтожение (corruptio), поскольку оно происходит соответственно совершенству, а не в первичном смысле (secunda perfectione et non in prima). (Z. G., S. 32,39; A. G., S. 26) ⁶³.

В этом решении неприемлемым было представление о сохранении в «смеси» элементарных субстанциальных форм, поскольку согласно общему определению «смеси» в каждой своей части есть то же самое (eiusdem rationis), что и целое.

Аверроэс попытался распространить продуктивные понятия усиления и ослабления на сами субстанциальные формы. Он полагал, что в новую субстанциальную форму сплавляются элементарные первоформы, предварительно подвергшиеся ремиссии. Хорошо усвоив от Аристотеля, что субстанциальная форма не мо-

жет быть больше или меньше, Аверроэс предположил, что элементарная форма не субстанциальная, а занимает промежуточное положение между акцидентной и субстанциальной, она не является совершенной формой. Разумеется, такое решение только переформулировало проблему, и поэтому в этом частном отношении схоластика стояла на стороне Авиценны ⁶⁴.

Третье решение предложил Фома Аквинский. В работе «Opusculum de mixtione elementorum» и в 24-м комментарии к «О возникновении и уничтожении» Фома развивает свое учение об образовании сложных «субъектов». Каждому возникновению предшествует альтерация материи и полное уничтожение пребывавших в ней элементарных субстанциальных форм. Крайние элементарные качества образуют средние, промежуточные подобно тому, как свет и тьма могут образовывать многообразие промежуточных цветов. Это новое качество — собственное качество смеси — реально не включает в себя крайние качества, но по характеру своей *действительности* имеет некое подобие (similitudo) как одному, так и другому крайнему качеству. Соответственно и субстанциальные формы элементов присутствуют в смеси не субстанциально, а виртуально (virtualiter), т. е. по своей действующей силе: *как если бы* они реально присутствовали. Именно потому, что в смеси некоторым образом присутствуют качества элементов, т. е. агенты первоформы, сама субстанциальная форма смеси есть сложное действие in virtu первоформ.

Во всех этих размышлениях мы должны зафиксировать те изменения, которые претерпевает понятие существенной структуры вещи по сравнению с аристотелевским. И прежде всего следует обратить внимание на изменение схемы субъект-предикат. Если для Аристотеля отношение подлежащего (ὑποκείμενον) к сопутствующему (συμπεπληρωμένον) выражается в резком разделении существенной формы, в которой «субъект» может выступить в чистом виде, и совершенно несущественных, привходящих, приключающихся ⁶⁵ признаков и обстоятельств, от которых надо мысленно освободить предмет, то для схоластической натурфилософии картина меняется. Субъект, с одной стороны, не может выступить в «чистом виде» ни в одной из своих акциденций, он всегда остается *внутренним* принципом действительности, *скрытой* причиной, проявляющейся *только* в своих действительных-свойствах, для которых он является основанием и носителем. С другой же стороны, поскольку он осуществляется реально только через совокупность акцидентальных действий, все эти акциденции оказываются в равной степени существенными для понимания сущности. Субстанциальная форма понимается как источник действия, однако действует она только через акцидентальные качества. Они суть непосредственные агенты, производящие эффект, причина которого находится не в них, за ними, внутри них.

С этим связан второй важный момент. Определение вещи через качества означает в конечном счете определение ее через си-

стему действий, которые она сама производит или которые она способна претерпевать. Более того, сама субстанциальная форма вещи определена через виртуально присутствующие перовокачества: огнистость, землистость и т. д. Т. е. вещь представляет собой по существу систему действий, некий сложный принцип определенной действительности, только отдельные состояния, эффекты и «выступления» которого мы наблюдаем.

Любая форма поэтому полагается потенциальным, возможным продуктом деятельности, ограниченной не структурной жестких вещественных связей, а характером своего внутреннего деятельного принципа, выраженным в активно-качественных характеристиках, т. е. в определенных интенсивности, по произведенному эффекту.

Так изменяется понимание возможного и действительного. Специфическое для схоластики понимание потенции и акта уясняется, может быть, лучше всего при рассмотрении другой близкой пары схоластических категорий, виртуального и субстанциального. Элементарная субстанциальная форма не существует как вещь *и*, наоборот, в вещи она не существует субстанциально, но только виртуально, как основание некоторой силы, способности, действительности (*virtu*) вещи. Это означает, что действительной актуальностью обладает действие, способ продуцирования, творческий акт, а определенная форма является только потенцией, возможностью данного способа действовать. При этом она тем более актуальна, чем более сама воплощает в себе эту действительность, чем более в ней как бы в скрытой (виртуальной) форме присутствует *гайна* (вспомним, что создание новой субстанциальной формы есть каждый раз божественный акт) ее создания, чем более, следовательно, она совершенна, чем ближе к *пешеву*. *Шедвр* же есть вещь, в которой вещественность как бы полностью растворена в мастерстве.

Понятие вещи, таким образом, содержит принципиальный момент, не данный в определениях самой вещи. Закон произведения (творческий принцип) не дан в определениях тела, как это имело место в пропорциональной гармонии греческого произведения искусства. Для произведения христианского искусства существуют, конечно, правила, каноны, причем строжайшие, но как они сами являются только внешними факторами скрытой работы мастерства, так и само произведение есть проводник виртуальных сил и действий. Чем более вещь приближается к своему совершенству, тем менее она остается вещью, тем интенсивнее ее *действительность*. Наоборот, если мера интенсивности, составляющая ее существенное определение, рассеяна в материи, вещь остается в потенции.

Актуальная экстенсивность (материя) есть чистая и неопределенная потенциальность, возможных приемник и источник активности. Но актуальная интенсивность как чистое действие есть потенциальная экстенсивность эффекта — обстоятельство, кото-

рое, как мы увидим, и будет важнейшим в разработке теоретико-экспериментальной схемы.

Эта связь между понятиями степени, или интенсивности, качества и определениями величины, экстенсивности была установлена сразу. Так, казалось ясным, что большему количеству материи соответствует большая «емкость» сил и качеств. Этим подкреплялась та мысль, что больший вес должен иметь большую скорость падения (Z. G., S. 217). Характерными являются понятия *multitudo formae* или *multitudo potentiae*, упоминавшиеся нами уже понятия усиления (*intensio*) и ослабления (*remissio*) качеств, понятие *пироты* (*latitudo*) изменения качества. В самом начале XIV в. разрывание такой системы понятий схоластической натурфилософии привело к разработке метода, позволившего придать этой физике качеств своеобразный математический характер.

Б. «Калькуляторы»

Большинство историков средневековой науки единодушно считают, что на протяжении всего Средневековья не было другого такого периода, в котором естествознание настолько близко подошло к методам новой науки, как XIV в. Они могут по-разному оценивать значение различных групп, школ и направлений, но единодушны в том мнении, что именно в XIV в. впервые осознается дух теоретической физики⁶⁶.

Естественнонаучная мысль этого периода концентрируется вокруг двух университетских центров. Идейным источником всего движения был Оксфордский университет, в котором существовала давняя естественнонаучная традиция, получившая в XIV в. мощное развитие в трудах ряда прославленных ученых Мертоновского колледжа⁶⁷.

Вторым центром был Парижский университет, в особенности так называемая «школа» Жана Бурдана, к которой относился Николай Орема, Альберта Саксонского и Марсилия Игнесского.

Многие исследователи полагают, что обновление физико-теоретической мысли началось с той формы номинализма, которую в самом начале XIV в. развивал оксфордец Вильям Оккам. Дикстергейс, например, пишет: «Концептуализм Оккама, несомненно, создает то направление мысли, которое во многих отношениях родственно более позднему и, в частности, современному естествознанию»⁶⁸. Он полагает, что для современного понимания движения характерен как раз номиналистический подход⁶⁹. Э. Уиттекер⁷⁰ и Э. Муди⁷¹ полагают, что именно Оккам подготовил путь для Бравдвардина и заложил философские основания для математического исследования природы, т. е. именно Оккам следует считать «отцом современной науки».

Мы уже заметили однажды, что противоречие между реализмом и номинализмом никоим образом не сводится к проблеме реальности и идеальности теоретических понятий, которая запи-

мает современную науку. Чтобы в этом убедиться, достаточно первого знакомства с концепцией Оккама⁷². Оккамовское учение строится на резких дилеммах, проводимых между божественным умом, абсолютной реальностью, существующей через себя (*per se subsistentia*), и человеческим существованием, человеческим мышлением, не имеющим опоры внутри себя.

Эта дилемма разделяет также и человеческое познание, противопоставляя интуитивное, созерцательное, чувственно достоверное и абстрактное, силлогистическое, косвенно доказательное знание⁷³, противопоставляя существование реального субъекта (вещи) и его мысленного образа («объектное» существование Бёнер переводит: *thought-object*⁷⁴), противопоставляя затем мысленный образ термину в предложении и логический термин — общенному слову. Основным принципом оккамовского естествознания является положение, что только бог есть сфера абсолютной реальности и что только индивидуальные вещи суть вещи абсолютно реальные (*res absolutae*). Абстрактные имена используются в человеческой речи для краткости, для *elegance in discourse*⁷⁵.

«Абсолютные вещи» — это субстанциальные формы и качества. Категории же количества, протяженности, времени, места, скорости, причинности нельзя приписать ничему реальному. Бог может совершить «чудо», например, пресуществить хлеб и вино в плоть и кровь Христову, поскольку реальные первоформы вещей не имеют ничего общего с тем, как они существуют в мире, для человека. Только их простая действительность, субстанциальное качество существующих, и они могут проявляться вне зависимости от определений пространства, времени, причинности и т. д.⁷⁶

Интуитивная самоочевидность непосредственного чувственно-го опыта или откровения веры есть то простое качество мышления, та его виртуальная интенсивность, в которых оно непосредственно реально и истинно. Подобно тому как чистые интенсивности индивидуальных субстанций, существующие в божестве, могут быть «распространены» в экстенсивном мире количества, пространства и т. д., простая интенсивность ума есть источник и результат определяющей «протяженности» (экстенсивности) доказательств⁷⁷.

Можно говорить о «квантифицируемости» простых качеств (цвета, теплоты и т. д.), но это не является их собственным свойством. Более того, отсутствует даже познавательная необходимость в таких вспомогательных построениях. Логическим выводом оккамовской логики должно было явиться убеждение, что все непростое есть только вспомогательное орудие человеческого обихода и в конечном счете форма языка. По этой причине Оккам сводит все проблемы количества к проблемам грамматики и логики и не оставляет никакого пространства для применения геометрии и алгебры к физическому миру. Философия количества Оккама зависит от его теории причастия⁷⁸.

Так, определение движения (*actus entis in potentia*) состоит, согласно Оккаму, из двух частей: позитивной (*actus entis*), имеющей в виду индивидуальную сущность, и негативной, обозначающей отсутствие покоя (*in potentia*). Это значит, что слово «движение» состоит из двух определений: индивидуальная субстанция плюс мысленный знак небытия в покое. Так, «местное движение» есть сокращение сложной фразы: «тело, которое было в одном месте и будет в другом месте, причем так, что ни в один момент оно не покоится ни в одной точке»⁷⁹. В результате Оккам вообще отрицал, что движение нуждается в объяснении своих начал и возможностей. По этой причине он выступал против теории «импetus», которая была выдвинута в Париже Жаном Буриданом⁸⁰. В абсолютном смысле, т. е. логически, никакого движения нет⁸¹.

Таким образом, никак нельзя согласиться с мнением Уиттекера, что Оккам был родоначальником того направления, которое столь успешно развивалось Бравдвардином и последующими мертоновцами. Напротив, как справедливо замечает Дж. Вайшпель, подход Томаса Бравдвардина представляет собой реальную альтернативу оккамовской «физике»⁸².

Идея «математической физики» всегда была некоей мечтой оксфордских ученых. Мы сможем в дальнейшем ближе познакомиться с их математическим энтузиазмом, хотя и Роберт Гроссетет, и Роберт Кильвордби, и Роджер Бекон, скорее провозглашали и защищали идеал математики, смутно представляя себе его возможную реализацию. Реальный сдвиг намечается только к XIV в.

Томас Бравдвардин родился в Чичестере в 1295 г., вступил в 1323 г. в Мертоновский колледж и в 1328 г. написал «Трактат о пропорциях или о пропорциях скоростей при движении»⁸³. Аннелиза Майер, не любившая преувеличений, замечает, что замысел «Трактата» говорит о том, что Бравдвардин «хотел бы написать «*Philosophia naturalis principia mathematica*» своей эпохи» (V. G., S. 86, n 10)⁸⁴.

По Бравдвардину, «именно математика в каждом случае открывает подлинную истину, так как она знает каждый скрытый секрет и хранит ключ к любому тончайшему смыслу: поэтому тот, кто имеет бесстыдство изучать физику и в то же время отрицать математику, должен бы знать с самого начала, что он никогда не выйдет во врата мудрости»⁸⁵.

Бравдвардин вовсе не использует определения движения как процесса («акт вещи в потенции»), его интересует соотношение скоростей, скорость для него вообще *тождественна движению*. Эта попытка трактовать движение, положить в основу само движение, попытка, приведшая, как известно, к неожиданному результату, впервые была предпринята Бравдвардином. Идентификация движения и скорости, произведенная Бравдвардином, была первым шагом, необходимым для математизации движения, так как

процесс или *forma fluens* (определение Аверроэса и Альберта Великого. — А. А.) как таковые не доступны прямой математической трактовке»⁸⁰. Соответственно, основным для него становится аристотелевское соотношение между скоростью движения тела, движущей силой и сопротивлением среды. Исследовать процесс движения значит для Бравдардина рассмотреть изменение отношения скоростей движения при изменении отношения между силой и сопротивлением, то есть дать формулу изменения скорости в зависимости от изменения условий движения.

Бравдардин формулирует полученный им закон следующим образом: «Отношение скоростей при движениях меняется соответственно отношению движущих сил к силам сопротивления, и наоборот. Или, иными словами отношения движущих сил к силам сопротивления пропорциональны скоростям в движениях, и наоборот»⁸¹. В результате получается «логарифмическая» зависимость скорости от указанного отношения. При этом обнаруживается ряд существенных моментов, которые обрисовывают особый метод мысленного конструирования физических понятий и мысленного экспериментирования с ними.

Во-первых, степенная форма зависимости, определяющей соотношение скоростей, не позволяет более трактовать его как простую пропорцию двух однородных величин. Действие, которое необходимо произвести с одним из членов отношения, прежде чем сопоставить его с другим, превращает эту пропорцию в зависимость, подобную зависимости функции от переменного аргумента. Не удивительно, что одной из излюбленных задач «мертвороной» физики была, например, проблема, как меняется характер движения, если определенным образом непрерывно меняется сопротивление среды (А. Г., S. 272).

Введение степени в отношение вынуждает, *во-вторых*, изменить саму понятийную схему движения. Мы не можем более понимать движущую причину так, как если бы она просто складывалась из движущей силы (*potentia motoris*) и сопротивления (*resistentia*), поскольку скорость определяется степенью этого отношения. В связи с этим снимается вопрос о разнородности движущей силы и сопротивления, и их отношение может выступать как определение *одной* действующей причины. Уже ко второй половине XIV в. приходит к заключению, что решающим является способность (*posse*) действовать и сопротивляться, причем в эту «*posse*» входили в разных степенях все сопутствующие процессу движения обстоятельства.

Наконец, *в-третьих*, это определение обосновывает новое понятие скорости и движения вообще, которое, как мы заметили выше, известным образом уже лежало в основании всего хода рассуждения. «У Бравдардина, — пишет В. П. Зубов, — сложилось понятие о скорости как некой отвлеченной величине (т. е. отношении), в определение которой не входит ни понятие времени, ни понятие пути»⁸². Сущность такого понимания ближе всего рас-

крывается в различении Бравдардином *количества движения* (*quantitas motus*), которое он определяет как «долготу, или краткость (продолжительность. — А. А.) общего времени движения», и *качество движения* (*qualitas motus*), что есть быстрота или медленность»⁸³. Количество движения или, как он его еще называет, *velocitas totalis*, есть отношение пройденного пространства к затраченному времени, качество же движения (*velocitas instanea*) есть «интенсивность» скорости в каждый данный момент, короче говоря, *мгновенная скорость*.

Понятие мгновенной скорости логично развивается из понимания скорости как точечной интенсивности движения, могущей меняться во времени. Процесс движения понимается таким образом в двух аспектах — дифференциальном (*per causa*) и интегральном (*per effectum*)⁸⁴, причем, не форма траектории определяет его характер, а «форма» его качества, т. е. изменение скорости в процессе движения. Понятие мгновенной скорости, которая может сохраняться или меняться на любом сколь угодно малом интервале движения, понятие такого внутреннего качества, целиком исчезающего в результате движения, но определенного в каждый момент движения, явилось, несомненно, основным в преобразованиях всей теории движения. Его продуктивностью сказались в том, что оно стало источником и центром главных проблем, связанных с возможностью теоретического понимания движения.

Прежде всего, разумеется, встает вопрос, насколько «познаваема» так определенная скорость, т. е. каким образом она может быть наглядно эксплицирована. По-видимому, именно с этого момента начинается история взаимодействия двух теоретических «инструментов» — алгебры и геометрии, — которое также определяет многое и в новой науке. Арифметико-алгебраический метод Бравдардина и позднейших мертоновых вызвал возражения прежде всего со стороны школы парижских номиналистов. Так, Марсилиус Ингенский утверждает, что именно пространственные определения существеннее при понимании движения. «В пользу этого, по его мнению, говорит то, что пространства доступнее нашему познанию (*nobis notius*), тогда как отношение *p*:*g* познается лишь путем рассуждения и не дано в чувственном опыте. Далее: отношение *p*:*g* есть причина скорости, тогда как пройденный путь есть «как бы» ее результат (*quasi effectus*), в природных же вещах результаты (или следствия) доступнее нашему познанию, чем причины»⁸⁵. Так, впервые разделились, чтобы развиваться затем в два самостоятельных и существенных момента всякого физико-теоретического рассуждения и мысленного экспериментирования, геометрический и арифметико-алгебраический аспекты.

Понятие скорости, отвлеченное от непосредственно пространственных определений, позволяло преодолеть аристотелевское разделение движений по их траекториям (прямолинейное — вниз-вверх; равномерное/круговое), поскольку понятие траектории как

результата независимых движений позволяло сопоставлять и сравнивать движения различной формы.

В последней части своего трактата Бравдвардин рассматривает вращения небесных сфер и определяет их скорость как соизмеримую со скоростью экваториальной точки⁹². Тем самым закладывается основание для выделения единой меры кругового и прямолинейного движения.

Пожалуй, в проблеме соизмеримости (эквивалентности) разных движений отчетливее всего проявляется мысленно-экспериментирующий характер мертоновского «калькуляторства». О его развитии после Бравдвардина мы скажем еще несколько слов.

Уже при жизни самого Бравдвардина его трактат был признан в качестве истинно аристотелевской доктрины в Париже, Падуе и Флоренции, а во второй половине XIV в. стал составной частью университетского курса.

Новый подход Бравдвардина вдохновил поколение оксфордских ученых, получивших имя «калькуляторов». В первую очередь это непосредственные ученики Бравдвардина — Ричард Каллингтон, Ричард Суиссет (Суайнхед), Уильям Хейтесбери и Джон Дамблтон⁹³. Важнейшей областью, в которой калькуляторство получило свое развитие, были так называемые физические софизмы (*sofizmata*), т. е. проблемы, связанные с традиционными понятиями аристотелевой физики (изменение скорости, начало и конец движения). Почти вся «софизматическая» литература этого времени связана с Оксфордом. Наряду с традиционными аристотелевскими вопросами возникают две группы проблем, связанные с новым методом.

Первая группа проблем касалась местного движения, в ее задачи входило дать классификацию движений по «конфигурации» их качеств, т. е. рассмотреть формы «закона Бравдвардина» для случая простых «диформных» (неравномерных) движений, а также найти правило эквивалентности, в соответствии с которым можно было бы сопоставлять неравномерные движения с равномерными и тем самым делать их «интеллигибельными». Вторая группа касалась распространения «закона Бравдвардина» на те случаи «движения», для которых следовало найти свойственное им «качество», «движущую силу», «сопротивление» и — самое важное — функциональное отношение, определяющее возможные конфигурации соответствующих качеств. Кроме того, и это представляло наибольшую трудность — нужно было найти «переменные», наглядно интерпретирующие соответствующее движение, переменные, аналогичные пространству и времени в случае местного движения. Именно отсутствие геометрического представления таких «движений», как потемнение, похолодание, сгущение и т. п., заставляло мертоновцев ограничиваться своим арифметико-алгебраическим методом для исчисления «широты» соответствующих качеств. А это в свою очередь создавало тот головомольный аппарат, который развит в их сочинениях и на темноту кото-

рого жалуются все исследователи⁹⁴. Геометризация метода, предложенная Николаем Оремом, едва ли была по достоинству оценена его эпохой. Мы вскоре будем говорить о ней подробно.

Но наиболее существенным с точки зрения нашей темы является решение первой группы проблем. Обратим внимание прежде всего на то, как Уильям Хейтесбери определяет мгновенную скорость. Она определяется «не по пройденному отрезку, а по линии, которую прочертит подобная точка, если бы она стала двигаться равномерно в течение такого-то или иного времени, или проходить такой-то путь с тем градусом скорости, с которым она движется в данное мгновение»⁹⁵. Мгновенная скорость неравномерного движения представляется здесь через потенциальное, мысленно представляемое равномерное движение, и это можно сделать именно потому, что в равномерном движении его качество (см. стр. 133) и количество совпадают. Очевидно, что в таком определении скрывается возможность геометризации и использования пространственных определений для изображения возможного движения. Заметим, что при выравненной временной единице «широта» мгновенной скорости выражается отрезком и любое неравномерное движение может быть выражено «суммой» таких отрезков.

Следующий шаг связан с определением «эквивалентности». Дюгем⁹⁶ выдвигает эту проблему в качестве основной и формулирует ее так: какой своей степени соответствует равномерно-неравномерное (равноускоренное) движение. «Соответствие» здесь означает: равенство *velocitas totalis* искомой мгновенной скорости, т. е. равенство действительно пройденного в движении отрезка (реально определенной величины) и воображаемого отрезка, пройденного при равномерном движении с искомой скоростью⁹⁷. Первое упоминание того, что «общей скорости» в этом случае соответствует средняя, встречается в трактате Хейтесбери «De motu» (1335 г.) (A. G., S. 287). Доказательства этого положения мы находим также в упомянутых трактатах Суиссета и Дамблтона⁹⁸.

При всех успехах метод калькуляторов, метод — если можно так выразиться — арифметической алгебры слишком затруднял движение мысли, лишая его опоры интеллектуально-чувственного созерцания, момента идеального экспериментирования. Но, в противоположность геометрическому методу Орема, к рассмотрению которого мы сейчас перейдем, метод «калькуляторов», быть может, непосредственнее, чем это было у Орема, связан с интуициями функционального мышления. Тем не менее следует уж сейчас заметить, что и «калькуляторы», и Орем не столько «зарождали» понятия новой науки, сколько пытались в совершенно новых условиях и с совершенно новым смыслом использовать античное понятие формы как формы скрытых субстанциальных качеств.

Трактуя скорость как некоторое качество, лишь потенциально связанное с пространственно-временными определениями, Брэдвардин первым, по-видимому, предложил решение номиналистической проблемы: как можно говорить о движении *realiter*. Сама скорость как интенсивность (качество) движения определяет процесс движения не через пройденный путь, а через отношение, т. е. через *правило*, по которому при известном времени можно найти пройденный путь. Неравномерное движение в общем случае предполагает закон изменения этого отношения, т. е. форму изменения — *intensio* или *remissio* — подвижности (качества движения). Правило, определяющее сложное движение, должно фиксировать процесс последовательного изменения моментальной скорости, если бы движение реально развертывалось во времени.

Поскольку же в разных качествах (этой существующей реальности) фиксировался один общий момент — их интенсивность, анализ отношений интенсивности стал всеобщим методом исследования, охватывающим не только сферу физики, но и любую другую. И в самом деле восприятие всякой экстенсивности, будь это пройденный путь, поверхность предмета, его общая форма, красота картины, — всегда опосредовано определенной структурой и формой интенсивного воздействия на чувства. Мы говорим об однородной поверхности, высоком и низком звуке, круглом предмете прежде всего в той мере, в какой это обусловлено определенной «конфигурацией» осязания, слуха или зрения. Поэтому Орем и говорит: «... Интенсивность более явна, более, так сказать, осязательна для нашего познания, нежели экстенсивность (а может быть, первичнее и по своей природе)» (I. 3. 641).

Вместе с тем в понятии интенсивности как измерения качества (действенности) по существу различие качеств снимается. Мы получаем возможность исследовать всеобщие определения *интенсивности вообще*, с тем чтобы затем дать уже теоретическую трактовку каждому особенному качеству как определенной качественной конфигурации интенсивностей. Отношение интенсивностей становится основным понятием такой методики, и «калькуляторы» делают первые успешные шаги в ее применении, используя для этого общее учение о пропорциях. И именно потому, что «калькуляторство» есть способ теоретизирования в рамках такой «квалитативной» натурфилософии, они не могли прийти ни к понятию функции, ни к понятию производной, сколь бы близко, на наш современный взгляд, к ним ни подходили.

Отношение интенсивностей, которым оперировали «калькуляторы», открыло новый по сравнению с античным пониманием пропорции смысл отношения вообще, а именно смысл теоретического, формального определения качества. Дело в том, что если в *отношении* интенсивностей не важно, о каком именно качестве

идет речь, то вместе с тем в нем не существует и момент определенного количества¹⁰⁰. А это открывает возможность фиксировать качественные соотношения безотносительно к тому, будет ли это, например, двукратное усиление благодати, жары или скорости. Короче говоря, в данном случае в номиналистически-условном варианте возникала экспериментально-теоретическая ситуация: на место реального ряда предметов, связанных существным отношением, ставится некий идеальный предмет, непосредственно репрезентирующий это отношение. «Калькуляторы» наделили идеально-предметным смыслом саму пропорцию и выражали в ней особые конфигурации качеств. В более наглядной и поэтому более доступной экспериментированию форме аналогичную работу проделявает Николай Орем.

Орем сопоставляет отношение интенсивностей с *отношением отрезков прямой*. Он находит в линии все, что существенно связано с понятием интенсивности, — соизмеримость (или несоизмеримость), континуальность, возможность бесконечного роста и убывания. В результате отношение линий можно рассматривать в качестве *всеобщего представления отношения интенсивностей вообще*, т. е. как теоретический объект. «И так как величина или отношение линий более понятны и легче нами постигаются, — добавляет Орем, — а, кроме того, линия занимает первое место среди видов континуума, то подобная интенсификация (*intensio*) должна быть воображаема в виде линий, особенно же и наиболее подходящим образом в виде таких линий, которые примыкают к предмету и поставлены отнесно к нему» (I, 1, 638)¹⁰¹.

Это и определяет все дальнейшие черты метода Орема. Он рассматривает каждый предмет (*subjectum*) как совокупность плоскостей, линий, точек, причем для каждой точки можно провести линию, соответствующую интенсивности рассматриваемого качества (широту — *latitudo* — качества). Совокупность таких линий, образующая плоскость, составляет «конфигурацию» качества вдоль определенной линии (долготы — *longitudo* — качества). Совокупность соответствующих плоскостей составляет объемную «конфигурацию» поверхностного качества, а совокупность таких объемов (задача теоретически допустимая, но трудная для воображения) — «конфигурацию» всего телесного качества. Для движения «долготой» является пройденный путь или время, качество (скорость) всегда линейно и представляется как плоская конфигурация¹⁰².

Чтобы ближе выявить специфику этой «геометризации», рассмотрим часто высказываемое в историко-научной литературе мнение, что здесь мы имеем зародыш метода координат Декарта¹⁰³. А. Майер подробно разобрала этот вопрос (Z, G., S. 81ff), но мы хотим подойти к нему несколько иначе.

Мало кого из исследователей не смущало то явное на первый взгляд противоречие, что при очевидной склонности к формально-математическим определениям ни у «калькуляторов», ни у Орема

нет выхода к реальным измерениям. Орем, правда, связывает свой метод с возможностью измерения, с измеримостью исследуемого предмета: «... Даже если неделимые точки или линии ничто,— пишет он,— тем не менее нужно их математически вымыслить для познания мер вещей и их отношений» (I, I, 637). Тем не менее, А. Майер совершенно права, когда указывает, что, устанавливая свои *linea intensiones*, Орем действует совершенно спекулятивно, потому что у него отсутствует какой бы то ни было способ измерять соответствующие интенсивности или хотя бы проверить их реальное соотношение¹⁰⁴.

Этот упрек не учитывает, по нашему мнению, двух обстоятельств. Во-первых, прежде чем иметь меру и измерять, нужно еще сформировать из принципиально бесмерного материала нечто такое, что, с одной стороны, дает возможность определить процедуру измерения как свойство самих вещей, а с другой найти некоторый принцип, согласно которому можно было бы устанавливать единицу или единицы измерений.

Отношение и исследование отношений вообще предшествует понятию мерной единицы, которая выделяется как некий всеобщий измеритель из уже развитой системы отношений. До тех пор пока этого не сделано, конструирование объекта возможного измерения и соответствующей процедуры не может вестись иначе, чем в терминах качества, отношения, сопоставления, формирующих понятия тождества и равенства. Мы еще не раз сможем убедиться, что развитие теоретического метода идет не от измерения к определению единства, а наоборот. Измерению всегда предшествует открытие «среза» объединения, т. е. открытие того, в чем разное может сравниваться.

Но в данном случае более важным является то обстоятельство, что вопреки утверждению Орема, измерение не составляет также и цели всей науки о конфигурации качеств. Как пропорциональные отношения для «калькуляторов», так и геометрические для Орема, не являются способом преобразования качественных определений в нечто сущностно бескачественное, в некую всеобщую и реальную «интенсивность», по отношению к которой разнородные качества были бы лишь частными случаями. Поэтому здесь не может идти речи о математизации физики в том смысле, как это, например, понимал Декарт¹⁰⁵. Здесь имеет место прием, который в наше время часто называют применением математических методов, т. е. использование математических объектов для условного (номиналистического) представления каких-либо свойств и отношений реальных объектов¹⁰⁶.

Прекрасно понимая эту важнейшую черту всего метода, А. Майер решительно отвергает всякую его аналогию с «аналитической геометрией». Орем конструирует фигуры, формы, а не движения точки в некоторой системе отсчета. Полностью отсутствует представление о том, что «долгота» может представлять не длину реального «субъекта», а абсциссу точки или что «широта»

изображает ординату, а не «интенсивность» точки. Для Орема важно, что *равномерное* (униформное) распределение качества по долготе изображается прямоугольной фигурой, *равномерно изменяющееся* (униформно-дифформное) — треугольной фигурой и всякое прочее распределение (дифформно-дифформное) — своей фигурой. Именно это дает право А. Майер утверждать, что «здесь, как и повсюду, он работает с элементами геометрии Евклидовой, а не аналитической, даже если ее взять в простейшей форме» (А. G., S. 300). При этом Орем ясно сознает, что подобное преобразование фигуры ничего не меняет (I, 7—11, 14). Линия, которая соединяет вершины всех точечных «широт», никогда не воспринимается им как обрисованная движением одной точки, называется «суммарной линией» (*linea summmitatis*) и рассматривается только как результирующая фигура всего «количества качества» (*quantitas qualitatis*). Таким образом, качества выражаются Оремом через геометрические фигуры, чтобы сделать их доступными пониманию и анализу как *качества* этих *геометрических фигур*. Здесь геометризация есть промежуточный этап и средство фиксирования элементарных качеств вообще, чтобы с помощью них можно было бы мысленно конструировать (т. е. понимать) все сложные случаи.

Даже там, где Орем, вслед за неким комментатором Архимеда¹⁰⁷, определяет униформно-дифформное изменение кривизны через суммарное движение точки (точка униформно движется по окружности и одновременно униформно опускается по радиусу от периферии к центру, описывая спираль), — даже в этом случае явно кинематический процесс служит Орему только средством для получения определенной — спиральной — формы соответствующего качества (I, 21, 674).

Может быть, теоретически-экспериментальный замысел Орема яснее всего раскрывается в 22-й главе 1-й части трактата, посвященной названию «О различии действий, протекающем из разнообразия качественной дифформности». Мы приведем отрывки из начала этой главы.

«Ясно, что тела могут различным образом варьировать в своих действиях соответственно разнообразию фигур этих самых тел. Вот почему древние, утверждавшие, что тела состоят из атомов (*ex athomis*), говорили, что атомы (*athomalia*) огня пирамидальны, вследствие его сильной действительности...

Но коль скоро так обстоит с фигурами тел, представляется логичным, что соответственно можно говорить и о фигурах качеств, а именно, что некое качество имеет частицы (*particulae*), по интенсивности пропорциональные небольшим пирамидам, а потому оно активнее при прочих равных условиях, нежели равное ему абсолютно-униформное качество» (I, 22, 675). «Ибо,— продолжает Орем,— испытано на опыте, что качество, униформно определенное по предмету, например теплота воды, иначе воздействует на осязание и производит иные перемены, нежели

равное ему качество, одна частица которого интенсивная, а другая слабая» (там же, 676).

Итак, то, чем для тела является форма, для качества — *figuratio* или *configuratio*, т. е. элементарные геометрические формы истолковываются как элементарные формы качеств. В этом, включает А. Майер, и состоит открытие Орема, если на него смотреть его собственными глазами: качества, точно так же как и тела, имеют форму, и этими формами можно объяснить большое число их способов действия (А. Г., S. 307). Это открытие оказалось фундаментальным открытием всей средневековой физики, ведь из него следовало, что сложные субстанциальные формы обусловлены не только *интенсивностью* основных качеств, но также и их *конфигурацией*. Таков был вклад Орема в решение основной проблемы схоластической натурфилософии (см. раздел А этой главы).

Здесь открывается историческая специфика интеллектуальной ситуации этого времени. Последовательная идеализация и теоретическая абстракция, доводящая анализ до простых всеобщих элементов, оказывается лишь вспомогательным средством. «Для Средних Веков идеалом является не редукция сложных процессов и феноменов к простым, не стремление овладеть множеством отдельных фактов посредством нескольких всеобщих правил и формул, — целью является охват сложных феноменов как таковых в их сложности, и чем она больше, тем интереснее задача, тем более велика заслуга, если задача решена» (А. Г., S. 276). В частности цель «калькуляторов» и Орема не сводить сложные дифформности к простым униформностям и затем закономерно определять все частные случаи, но прежде всего заниматься сложнейшими случаями как случаями уникальными.

Поэтому нельзя не согласиться с В. П. Zubовым, когда он замечает, что Орема, как и его предшественников, следует упрекать не столько в чрезмерной абстрактности, сколько в недостаточной абстрактности, в том, что «от геометрических схем он слишком поспешно переходил к проблемам традиционной физики, репая в плане «широты форм» вопросы, молчаливо предполагавшие ряд натурфилософских положений аристотелизма» (с. 624).

Понятие «конфигурации качеств» дает Орему всеобщий натурфилософский принцип для решения основных проблем всей средневековой мудрости: теологии, эстетики, гносеологии, этики, а также физики. В первом разделе этой главы мы отмечали, что понятие совершенства и степени совершенства было едва ли не центральным во всем средневековом мышлении. Поэтому в собственно схоластическом направлении мысли Орема мы должны будем считать ключевым пунктом тот, в котором он связывает понятие конфигурации с понятием совершенства. В 25-й главе 1-й части трактата он пишет: «...Может быть, в двух индивидах, различных по виду, имеется одна и та же или сходная пропорция первичных качеств, а различия оба по своему виду и по своему

совершенству благодаря различию в конфигурации сложных их качеств. Точно так же — в пределах одного вида, в зависимости от того, насколько один индивид более совершенным образом причастен к совершеннейшей конфигурации качества, отвечающей его виду, или приближается к этой конфигурации, и наоборот»¹⁰⁸. Это рассуждение становится всеобщим ключом к натурфилософскому решению основных задач. Подобно тому, как древние атомисты с помощью форм атомов могли дать абстрактное объяснение любого феномена природного или человеческого мира, Орем дает набросок принципиальной объяснительной схемы таким феноменам, как дружба и вражда, красота звуковой и цветовой гармонии, удовольствие и отвращение, заблуждение и знание. Задача в каждом случае сводится к выяснению основных параметров соответствующего качества, его возможных конфигураций, степени униформности или дифформности, и к определению состояний конформности (дружба, красота, истина) и дисконформностей (вражда, безобразие, ложь и т. д.).

Дело, конечно, не в том, что «калькуляторство» и учение о конфигурации были развиты и первоначально изложены в связи с вопросом о благодати¹⁰⁹, что они имеют богословский исток. Медицина Галена, физика Аверроэса, вообще «слияние аристотелевой и евклидовой струи» (с. 622) в не меньшей мере были основанием этих наук. Но только такая взаимосвязь позволяет нам охарактеризовать «калькуляторство» и оремову науку как способ теоретизирования, свойственный средневековому мышлению в целом. Исключая же такую внутреннюю взаимосвязь и свободное перетекание средневековой мысли из сферы в сферу, нам, например, придется посчитать чуть ли не две трети всего трактата Орема не относящимися к делу метафорам и аллегориям.

Это было возможно именно потому, что изобретенная Оремом идеализация и экспериментирование с ней оставались в рамках номиналистически-истолковывающего отношения. Речь не шла ни о «сути бытия», ни об идеализованном представлении объекта.

Орем находит, что геометрические формы могут служить всеобщим репрезентантом (*representas*) качественных конфигураций. Поэтому геометрические свойства фигур без всякого истолкования возможной связи между их строением и действием реальных качеств и при всем номиналистическом понимании их условности (символичности) тем не менее воспринимаются как реальные характеристики предметов, «истолкованные» в фигурах. «То, что здесь высказывает Орем, — пишет А. Майер, — есть пример того, что называли символизмом Средних Веков. Символ — в данном случае, стало быть, геометрическая фигура — в гораздо большей степени идентифицируется с тем понятием, которое в нем выражено, чем современный читатель вообще может себе представить. Это процесс, который встречается почти во всех областях средневекового мышления...» (А. Г., S. 307). Это означает, что «конфигурации» воспринимаются как *свидетельство*

о реальной сущности, хотя она никем образом и не утверждает-ся в качестве этой сущности, «эссенции» предметов. И ни по-нимализм оремовской мысли, ни ясное представление о воображае-мой (imaginare) природе геометрического представления каче-ств¹¹⁰ не изменят в таком понимании. Символическое отношение исключает возможность той *взаимнопреобразующей* связи между реальным и идеальным, которая характерна для экс-периментально-теоретической ситуации физики Нового времени. Истолковывающий же эксперимент средневековья всегда связан с тем или иным символическим отношением. Результаты идеа-лизации, схематические изображения, формулы истолковываются либо как реальный, либо как формальный *символ*: либо как «ре-алистические» свидетельства, либо как определение «языка».

В III части трактата Орем анализирует весьма интересные мысленно-экспериментальные ситуации. В гл. 2—4 он исследует некоторые особенности конфигураций в процессе их мысленного изменения. Он замечает, что при непрерывном изменении конфи-гурации дифформно-дифформные качества остаются таковыми на всем протяжении изменения, тогда как равномерно-дифформ-ные скачком, моментально преобразуются в дифформные (гл. 3). Мы убеждаемся здесь еще раз, насколько Орему важно только качество фигуры, «класс» ее конфигурации. Истолковывается же этот результат как некая абстрактная возможность.

Далее Орем рассматривает аналогичную проблему перехода равномерно-дифформного качества в абсолютно (simpliciter)-униформное в процессе непрерывного изменения угла наклона конфигурационного треугольника (гл. 4). В результате он прихо-дит к выводу, что при непрерывном изменении угла в одной точке происходит скачкообразное изменение качества. «Отсюда,—пи-шет Орем,— следует, что при постепенном качественном измене-нии, при котором ничто не приобретает мгновенно (subito), воз-можно мгновенное изменение в какой-нибудь точке, линии или плоскости, до какой-либо суммарной широты или интенсивности» (III, 4, 702). Давая физическую интерпретацию этого теоретиче-ского вывода, Орем проводит следующий мысленный эксперимент (см. рис. 1). «...Пусть половина предмета ab — теплая в высшем градусе, а другая половина — униформно-дифформная, кончаю-щаяся на высшем градусе в точке c и на неградузе в точке bВообразим теперь, что линия cb движется до тех пор, пока не займет положения перпендикулярного к ab , однако таким обра-зом, что бы точка b все время оставалась неподвижной... В по-следнее мгновение, которое завершает качественное изменение, весь предмет имеет теплоту высшего градуса. Аналогично точка b имеет тогда теплоту высшего градуса, каковая точка не-посредственно до того (immediate ante) была холодной в высшем градусе, т. е. не имела никакой теплоты». Следовательно, точка b мгновенно превращается из холодной в высшем градусе в теплую в высшем градусе. А это невозможно. «Отсюда,— гово-

рит Орем,— может быть почерпнут аргумент в пользу того, что неделимая точка не есть что-либо реальное, ни линия, ни поверх-ность, хотя воображение их пригодно для лучшего постижения меры вещей...» Именно такое понимание математического будет характерно впоследствии для физиков XVII в. и, в частности, для Галилея. Однако Орем делает следующее заключение: «Можно было бы привести многое другое, придерживаясь указанного спо-соба представления (imaginatio), но все это говорится не в фи-зическом смысле и для некоторых кажется либо слишком трудным, либо невозможным» (III, 4, 702—703).

Наибольший интерес с точки зрения нашей темы представляет III часть трактата, озаглав-ленная «О приобретении и мере качества ско-рости»¹¹¹, в особенности главы, исследующие так называемую меру качеств (гл. 5—13).

Историки науки обращают здесь внимание главным образом на так называемое *оремово правило*, т. е. доказательство эквивалентности равноускоренного движения равномерному дви-жению со средней скоростью¹¹². Но Орем ставит вопрос гораздо шире. Здесь впервые речь идет о понятии, ко-торое могло бы служить всеобщей мерой для точного сравнения различных качественных конфигураций. «Оремово правило» — только частный случай. Основным понятием, позволяющем ввести единую процедуру измерения, является понятие «количества ка-чества» (quantitas gualitatis), которое соответствует понятию площади фигуры. «Итак,— говорит Орем,— чтобы найти меру ка-чества или скорости и определить их отношения, нужно доверять-ся геометрии и вернуться к геометрии». Ведь «мера или отноше-ние двух любых линейных или поверхностных качеств, так же как и скоростей, соответствует мере и отношению фигур, посред-ством которых они в воображении сравниваются друг с другом» (III, 5, 703—704).

Это «сравнение фигур в воображении» получает теперь само-стоятельную геометрическую разработку.

Понятие «количества качества» составляет тайну всего мыс-ленно-экспериментирующего воображения Орема. Уже до вся-кого геометрического построения Орем замечает, что разная ин-тенсивность действия не обязательно вызвана разным «объемом» наличного качества. Одно и то же качество, будучи по-разному распределено во времени или в пространстве, действует по-разно-му. Но только геометрическое представление позволяет ему вве-сти сюда известную определенность. Именно в таком контексте ставится Оремом вопрос об «эквивалентности» разных конфи-гураций. И именно поэтому он формулирует свое правило в самом общем виде: «Всякое качество, если оно равномерно-дифформно, по своей величине таково, каким было бы униформное качество

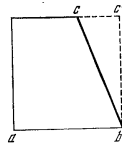


Рис. 1

того же или равного ему предмета, соответствующее граду-
су средней точки того же предмета» (III, 7, 706).

Но наибольший интерес представляет дальнейшее развитие этой идеи. Орем замечает, что, поскольку у каждого линейного качества plainly два измерения: экстенсивность и интенсивность, постольку любое конечное количество его, выражаемое ко-
печной площадью определенной фигуры, может по своей интен-
сивности расти до бесконечности (без изменения количества),
если в то же время происходит пропорциональное уменьшение эк-
стенсивности, и обратно (III, 8, 708—709). Таким образом, воз-
можная интенсивность качества, вообще говоря, не зависит от его
общего количества. Этот, если можно так выразиться, «закон гипер-
болы» иллюстрируется далее на примере движения. Простой
расчет показывает, что при гиперболическом росте моментальной
скорости от некоторой конечной величины до бесконечности
(речь, конечно идет о бесконечном ряде участков равномерного
движения) суммарная скорость (*vilocitas totalis*) осталась бы ве-
личинной конечной.

Без сомнения, анализ этого взаимопревращения конечного и
бесконечного является наивысшим достижением «конфигурацион-
ного» воображения, работа которого не осталась без последствий,
хотя наиболее распространен был именно «калькуляторский» ва-
риант.

Нам остается в заключение отметить основные вехи дальней-
шей судьбы этого метода. Два немца, работавшие вместе с Оре-
мом в Париже, — Альберт Саксонский и Марсилиус Ингенский —
усваивают и даже частично развивают его метод; в Италии
Иоанн из Казале обнаруживает знакомство с методами «каль-
куляций», он вполне мог учиться непосредственно у Орема, ко-
торый в 50-х годах XIV в. преподавал в Болонье.

Любопытно, что, как отмечает А. Майер, последующие сто-
ронники учения о широке форм совершенно забывают метафизи-
ко-натурфилософский смысл его и обращают внимание только
на его формальную сторону. Если бы не это, метод Орема во-
обще не сохранился до XVII в. и не был бы известен Гали-
лею и Декарту. «А то, что он дошел до них, не подлежит ни-
какому сомнению: для подтверждения своих расчетов как Гали-
лей, так и Декарт с самого начала деятельности исполь-
зуют в качестве чего-то обычного и совершенно само собой
разумеющегося те самые фигуры, которые в этой связи впервые
использовал Орем» (с. 368—369).

Scientia Experimentalis

А. Открытие эксперимента?

Научное знание несет в себе две формы убедительности, которые
не всегда возможно свести к одному понятию. С одной стороны,
это убедительность логического (т. е. непрерывного, без разрывов
и скачков) развертывания мысли, придающее научному знанию
необходимую строгость и системность. С другой стороны, это убе-
дительность непосредственного созерцания, убедительность просто-
го видения, придающая знанию предметность и интуитивную яс-
ность. Именно этот последний момент обычно связывают с по-
нятием опыта, отводя логическому движению сферу «чистой мыс-
ли», существующей неизвестно как и неизвестно где. Мы могли
уже убедиться, что гносеологические рефлексия в анализе ре-
ального акта экспериментально-теоретического движения научной
мысли всегда шла либо по одному, либо по другому направле-
нию. Но и само научное знание, поскольку оно автономизи-
ровалось при участии этой рефлексии, распадалось на два типа,
с особой ясностью выступивших в науке позднего средневековья.

Тип чистой логичности, интеллектуальной достоверности в
эпоху раннего средневековья был представлен идеалом полной и
строго иерархизированной системы авторитетных свидетельств и
аргументов. Доказательство, следование, обоснование и другие
способы удостоверения мысли осуществлялись посредством опре-
деленных способов включения ее в единый, авторитарный кон-
текст, заключавший как бы всеобщий интеллект. Момент же со-
зерцания, предметно-интуитивной достоверности непосредственно
го видения культивировался в сфере так называемого мистического
богословия.

Оставаясь в рамках одной логической достоверности, научное
знание теряет предметную содержательность и становится «ско-
ластическим» в отрицательном смысле этого слова. Оно приобре-
тает недостатки, свойственные как раз эмпиризму, а именно: слу-
чайность (несистематичность), одностороннюю абстрактность и
форму сведений или (математических) мнений. Оно выходит из
единства математической теории, но не формирует единства ис-
следовательского метода. Как раз эти черты характерны для ме-
тода «конфигурации качеств», который поэтому и не смог пре-
вратить свои мысленные эксперименты в работу прямого пред-
метного экспериментирования.

Теперь мы рассмотрим развитие второй стороны того же са-
мого научно-теоретического мышления, стороны, связанной не
столько с типом логической достоверности, сколько с формами
чувственной интуиции. Мы рассмотрим эмпирическую методоло-
гию так называемой «*Scientia experimentalis*», благодаря кото-
рой оксфордская школа стала знаменитой в наши дни.

Когда историки науки занялись исследованием трудов средневековых францисканцев, создавших научную школу в Оксфордском университете, они были поражены, обнаружив у них декларацию и высказывания, по своему духу удивительно напоминающие эмпирическую идеологию современной науки. На фоне общего представления о «схоластичности» средневековой науки действительно странно звучат слова Роджера Бэкона из шестой части его «Большого Сочинения» («Opus Majus»): «Имеются ведь два способа познания, а именно с помощью доказательства и из опыта. Доказательство приводит нас к заключению, но оно не подтверждает и не устраняет сомнения так, чтобы дух успокоился в созерцании истины, если к истине не приведет нас путь опыта. Ведь многие располагают доказательствами относительно предмета познания, но так как не обладают опытом и пренебрегают им, то не избегают зла и не приобретают блага... Доводов недостаточно, необходим опыт»¹¹³.

Поэтому многие историки, вместо того чтобы проверить свои собственные представления о природе научного эксперимента, попытались объявить науку оксфордцев действительным началом экспериментальной науки Нового времени.

Еще в середине XIX в. среди ботаников и зоологов Европы установилась чрезвычайно высокая оценка Альберта Великого как подлинного творца научной ботаники, основанной на наблюдении. В 1853 г. католик Пуше опубликовал «Историю естественных наук с середины века», носившую характерный подзаголовок, «Или Альберт Великий и его эпоха как начало экспериментальной школы»¹¹⁴. Л. Торндайк, относящийся вообще скептически к этой книге, вынужден тем не менее признать, что «...при всех ошибках, которые он (Альберт.—А. А.) мог сделать с точки зрения современных стандартов, он обнаруживает несомненные черты научного духа»¹¹⁵. В конечном счете Торндайк соглашается с подзаголовком книги Пуше.

В 1953 г. А. Кромби опубликовал известную теперь книгу «Роберт Гроссетет и происхождение экспериментальной науки. 1400—1470», где прямо пишет: «...Концепция логической структуры экспериментальных наук, которой придерживались такие выдающиеся деятели, как Галилей, Ф. Бэкон, Декарт и Ньютон, была точно та, которая была создана в XIII и XIV вв.»¹¹⁶. И далее: «Благодаря Гроссетету Оксфорд становится первым центром методологической революции, с которой начинается современная наука»¹¹⁷. Именно влияние Гроссетета и оксфордцев сказалось, согласно Кромби, на развитии науки в Париже (и в частности у Альберта Великого), позже в Падуе и, наконец, в блестящих завоеваниях XVII в. у Галилея и Декарта.

Вместе с тем более тщательное исследование приводит к выводу, что начало «экспериментальной науки» следовало бы отнести к еще более ранним временам.

Линн Торндайк посвятил восемь объемистых томов скрупу-

лезной фиксации всех «высказываний», касающихся отношения к опыту на протяжении шестнадцати веков развития европейской науки. Он пишет: «Мы уже подчеркнули тот факт, что он (Роджер Бэкон.—А. А.) не был первым человеком, который в эпоху средневековья записал права опытного исследования, что и до него писатели говорили об «опытах», ссылались на опыт в большей степени, чем на авторитет, и указывали на существование других «экспериментаторов» и «экспериментальных книг». Мы отметили анализ «опытного метода» (via experimentalis), проведенного Петром Испанцем, школу естественных испытателей, основанную Альбертом Великим, связь между физикой и опытным исследованием, установленную Робертом Гроссететом, и объединение опыта с натуральной магией у Уильяма Оверского. Мы описали опыты Константина Африканца, Аделарда из Баты, Педро Альфонсо, Бернарда Сильверста и многих других». Роджер,— заключает Торндайк,— «не единственный провозвестник экспериментального метода современной науки»¹¹⁸.

Наконец, напомним, что общая логическая схема эмпирического метода заимствуется всеми последующими учеными у Аристотеля. В результате мы как будто вынуждены прийти к выводу, что «экспериментальный метод современной науки» простирается вплоть до Аристотеля и что именно его следовало бы считать истинным отцом этого метода. Этот вывод и делает Кромби: «История и теория экспериментальной науки представляет собой по сути дела серию вариаций на тему аристотелевской теории, что целью научной теории является открытие истинных предпосылок для доказательства знания, полученного из наблюдений». В науке Нового времени,— заключает Кромби,— «эта тема была транспонирована в математическом ключе и перенесена на новые экспериментальные инструменты»¹¹⁹.

Разумеется, против этого заключения нечего было бы сказать, тем более, что оно основывается на недуманных свидетельствах, тщательно отобранных историками. Но проблема состоит не в том, были или не были проделаны опыты и наблюдения, признавали или не признавали изучаемые нами философы и ученые роль непосредственного опыта, и даже не в том, какие методологические теории эмпирического исследования они выдвигали. Все это может относиться к «мнениям» ученых о своей работе, и в этом отношении историк науки должен проявлять особую критичность. Проблема ставится определеннее, если мы зададим вопрос, в контексте какого типа *теоретического мышления* появляются и получают определенный смысл отмеченные автором эмпирические исследования, как связаны они с мышлением эпохи, взятом в целом.

Только в этом случае мы сможем выйти из узких рамок той историко-научной мысли, которая повсюду стремится только найти зачаточные формы современной науки, и, напротив, анализируя *специфические* формы научных культур, сможем глубже по-

нять природу научно-теоретической деятельности современной эпохи.

Общий источник эмпирического подхода по преимуществу находится в непосредственно-практических сферах человеческой жизнедеятельности, в которых практическая опытность, прямой практический эффект являются тем, что определяет и все познавательные процессы. В значительной степени и в эпоху средневековья эмпирическая методология развивалась в рамках медицины, агрономии, алхимии, астрологии, магии или же в процессе обучения. Первые четыре тома «Истории магии и экспериментальных наук» Л. Торридайка не содержат ни одной страницы, на которой представление об «испытании», «опробовании», «проверке» имело бы иной смысл. Нет также ни одной главы, в которой бы мы не нашли описание «испытанных» лечебных, магических, астрологических или алхимических процедур и средств. Так, например, в начале XII в. Педро Альфонсо утверждает, что принципы астрономии были открыты в первую очередь благодаря опытному наблюдению, и что в настоящее время никто не сможет понять это искусство по-настоящему без наблюдений и опытов. Но он уверен вместе с тем, что астрология так же точно доказана из опыта, как и астрономия. «...Доказано (probatum est) посредством экспериментальных аргументов (argumento experimentalis), — пишет он, — что мы достоверно можем утверждать, что Солнце, Луна и другие планеты оказывают влияние на земные дела». И далее: «И разумеется, бесчисленное множество других вещей случаются на Земле в соответствии с движением звезд и проходят незаметно и неощутимо для большинства людей, но открываются и понимаются тонкой проницательностью ученых людей, опытных в этом искусстве»¹²⁰.

Гроссетет, относя экспериментальную науку к «оперативным» (практическим в противоположность «спекулятивным»), утверждает, будто «очень много опытов доказали, что вода затвердевает в камень, что правила астрологов... основаны на множестве отдельных случаев, которые астрологи прошедших времен наблюдали и классифицировали в непосредственном опыте, что множество опытов его собственного времени — некоторые из них он упоминает — показали, что ужасные события всегда следуют за появлением комет и что алхимики опять-таки благодаря множеству опытов пришли к выводу, что металлы трансмутируют друг в друга»¹²¹.

Но в работах «экспериментаторов» XIII в. мы находим также и нечто весьма свойственное именно науке средневековья.

В этой области наблюдается такое же интенсивное развитие и такая же глубокая работа мысли, как и в сфере рационалистической логики.

Эмпирическая процедура подвергается глубокой методологизации, в которой преобразуется основная схема физической причинности, сама логика физического объяснения и впервые, соб-

ственно говоря, полагается метафизическая основа возможной физики, т. е. единой теории всех физических процессов. Только учитывая это, мы сможем понять то особое внимание, которое в Оксфорде уделяли экспериментальной оптике.

Б. Эмпиризм, методология физического объяснения и роль математики

Когда средневековые ученые патетически призывают к опытному исследованию, порицают, подобно Роджеру Бэкону, ложный авторитет, дурную традицию и невежественные мнения толпы, отсюда еще никоим образом нельзя делать вывод, что здесь закладывается фундамент «экспериментальной науки» в современном смысле слова. Ни Гроссетету, ни Альберту Великому, ни Р. Бэкону не приходило в голову сомневаться в основах христианского мировоззрения. Речь шла только о необходимости и, может быть, даже о преимуществе опытного постижения божественных истин через наблюдение порядка творения¹²². Никто из них не нарушал иерархии средневековых наук с теологией и метафизикой во главе¹²³. Даже Р. Бэкон, больше всех сделавший для изменения этого порядка и пострадавший от церковных властей за свой энтузиазм в создании единой, целостной, органической науки («Integritas sapientiae», «Scientia perfecta»), — даже он отводит лишь одну часть своего «Большого сочинения» для указания преимуществ опытной науки, в которую он включает астрологию и алхимию¹²⁴.

«Натуралистичность» и «эмпирический дух» большинства средневековых писателей основывались на том убеждении, что хотя бог и всемогущ, хотя и истинны чудесные события библейской истории, бог все же творит чудеса при помощи естественных причин, когда дело касается естественных явлений.

Может быть, еще большую роль играла концепция мистического опыта, непосредственного, чувственного постижения божественных истин внутренним созерцанием, озарением, для которого простой «натуралистический» опыт служит лишь подготовительным этапом, известного рода упражнением и очищением. Роджер Бэкон прямо говорит о двух родах опыта: один — опыт внешних чувств, или инструментов, или свидетельств, других людей, узнавших нечто на собственном опыте; другой — опыт внутреннего озарения, «ибо часто озаряют благодать веры и божественное вдохновение не только в духовных вещах, но и в телесных и в философских науках...» При этом, добавляет Бэкон, этот второй род опыта гораздо лучше первого¹²⁵.

В дальнейшем мы увидим, как именно этот специфический аспект средневекового эмпиризма становится методологической идеей построения собственно физической теории.

Особый толчок для развития эмпирической методологии был дан новыми переводами аристотелевских сочинений, появивших-

ся на протяжении XII в. в ученном мире Европы. До конца XII в. стали известны «Физика», «О возникновении и уничтожении», «О душе», «Parva Naturalia», первые четыре книги «Метафизики», первые три книги «Метеорологии», «О небе». Вторая Аналитика» была заново переведена. Полный перевод «Второй Аналитики» заменил Боэцийское изложение. Стали известны элементы «Оптики» и «Катоптрики» Евклида, «Юника» Аполлония, «Альмагест» и «Оптика» Птолемея, труды Гиппократы и Галена.

В течение первых двух десятилетий XIII в. появились остальные книги «Метафизики» и три книги о животных¹²⁰. Таким образом, были возрождены основные натуралистические книги Аристотеля, а также труды, содержащие его методологию натуралистического опыта и наблюдения.

Переводчиком «Физики» с арабского языка и первым ученым, который обобщил доступные ему новые переводы Аристотеля, был испанец Доменико Гондисьальви. Но он еще полностью находился во власти традиционных схоластических методов. Он определял физику как науку, которая изучает «естественные тела и свойства, не существующие вне этих тел». Он исходил от чувственно воспринимаемого от причин, которые не воспринимаются чувством, существование которых удостоверяется только размышлением и доказательством.

Поэтому логика составляет основу физики. Она традиционно подразделяется на процедуры открытия (inventio) и оправдания (judicio) — теоретическая часть, разделения (divisio) и приведения доводов (ratiocinatio) — практическая часть, на диалектику, которая выдвигает вероятные предположения, и на софистику, исходящую из того, что кажется существующим, но не существует на самом деле¹²¹.

Мы воспроизвели эту схему, чтобы нагляднее были видны те преобразования, которые внес в нее (а также и в исходную аристотелевскую схему) Роберт Гроссетет¹²².

В своих исследованиях Гроссетет ориентировался, с одной стороны, на опыт так называемых практических наук: прикладной математики (оптики, музыки), астрономии и астрологии, медицины, алхимии, натуральной магии. Здесь он находил предмет своих размышлений. С другой стороны, идеалом познания был для него идеал интеллектуального созерцания в духе августинианского платонизма, идеал постижения сверхчувственных вещей (в этом случае общих причин, оснований и т. п.) с чувственной ясностью. Методологическую схему, связывающую эти две сферы, он нашел у Аристотеля.

Основное содержание учения Гроссетета изложено им в комментарии ко «Второй Аналитике» Аристотеля. Именно эти комментарии и были наиболее широко известны в научных кругах того времени. Они были составлены между 1209 и 1220 гг., и в последующее десятилетие Гроссетет использовал выработанный им методологию в своих трудах по оптике, астрономии, музыке¹²³.

В соответствии с Аристотелем, Гроссетет определяет основные этапы эмпирического научения: память — опыт — искусство — наука. В соответствии с Аристотелем, Гроссетет определяет и основные моменты эмпирической методологии познания: поминальное определение (quid; *tò tòti*) — причинное определение (*propter quid*; *tò diòti*) — родовое определение (*genus*). Таким образом, у Гроссетета как будто воспроизводится классическая эмпирическая схема индукции и дедукции, впервые четко сформулированная Аристотелем (*ἀναγωγὴς συνθετικὴ*) и известная в средние века как метод *resolutio* и *compositio*. Рассмотрим этот метод подробнее¹²⁴.

Первой проблемой исследования в мире опыта является отыскание номинального, не касающегося причин определения, относящего некое явление к определенному классу. Это момент наблюдения, описания, эnumerации. Затем проводится классификация по признакам формы и материи (грубо говоря, по степени «похожести» явлений). Наконец, наступает важнейшая стадия — *индукция*, открытие всеобщего родового определения — конечный пункт *resolutio*. После этого мы проходим весь путь в обратном направлении, но уже по логическим связям. Исходя из полученной общей посылки (*genus*), мы определяем формальные и материальные различия как *differentia specifica* и, наконец, умеем «дедуцировать» каждое явление определенной области опыта. Таков путь *compositio*. В качестве примера приведем теорию образования цветов, развитую Гроссететом. Свет образует цвета в радуге, водяной пыли, при прохождении через круглый стеклянный сосуд, заполненный водой, или через призму (гексагональные кристаллы). Далее цвета мы наблюдаем, например, в радужных перьях. В этих наблюдениях легко произвести классификацию образования цветов: 1) на сфере или капле (одной или множестве); 2) на поверхностях, отличающихся по форме от сферических; 3) на плоскостях. Следующий шаг — «открытие» (о его природе будет рассказано позже) общего рода — в данном случае: взаимодействие света со средой и его различное «затемнение» в зависимости от угла падения.

Теперь «композиционное» определение, например, радуги будет следующим: на сферических водяных частицах, находящихся во множестве. Это будет полным каузальным определением, включающим в себя все четыре аристотелевские причины, т. е. необходимых условий образования определенной вещи (в данном случае радуги).

Как всякая индуктивистская теория, методология Гроссетета страдала тем недостатком, что родовое, всеобщее понятие действующей причины, получающееся в результате процесса «резольюции» и составляющее основание «композиции», было гипотетическим и неоднозначным. Равным образом можно было всегда выдвинуть несколько теорий, объясняющих процесс «порождения видов» (*multiplicatio specierum*), поскольку границы эnumerации

(полноты наблюдений) и классификации (определения сходства) полагались лишь интуитивно.

Поэтому методология Гроссетета, как и всякая другая эмпирическая методология, нуждалась в дополнительных методологических ограничениях и принципах, позволяющих произвести соответствующий выбор.

Кромби считает собственным вкладом Гроссетета выдвижение на первый план метода фальсификации и верификации посредством изолирующего эксперимента.

Метод фальсификации вытекает у Гроссетета из аристотелевского понятия *reductio ad impossibile*¹³¹. Он действует там, где нет еще никакой рациональной теории, и экспериментальщик вынужден произвести отбор подходящих гипотез, т. е. отбросить то, что «не соответствует природе вещей». Чтобы нагляднее показать методологию Гроссетета в целом, мы изложим метод верификации его собственными словами. «Опытные (experientiales) универсалии приобретаются нами, чьи умственные глаза не чисто духовные, только с помощью чувств. Когда чувства некоторое время наблюдают два единичных события, одно из которых есть причина другого или которые относятся друг к другу как-нибудь иначе, они сначала не видят связи между ними. Так, например, когда кто-нибудь часто замечает, что съедание скаммонии (*scamponu*) случайно сопровождается очищением от красной желчи, но не видит, что именно скаммония притягивает и извлекает красную желчь, тогда при постоянном наблюдении этих двух событий он начинает формировать третью, ненаблюдаемую вещь, а именно, что съедание скаммонии есть причина извлечения красной желчи. И с этого восприятия, повторяемого все снова и снова и закрепленного в памяти, и с чувственного знания, из которого это восприятие составлено, начинается деятельность разума. Действующий разум начинает поэтому удивляться и рассуждать, действительно ли вещи таковы, как говорит чувственное воспоминание. А это ведет разум к эксперименту (*convertunt rationem ad experientiam*), а именно, чтобы скаммония могла быть главной причиной, все другие возможные причины, очищающие от красной желчи, должны быть изолированы и исключены. Но когда испытатель долгое время давал действовать скаммонии, исключая все другие вещи, которые извлекают красную желчь, тогда в разуме формируется эта универсалия, а именно, что любая скаммония по своей природе извлекает красную желчь. Таков именно тот путь, которым разум приходит от чувственных восприятий к универсальным принципам, основанным на опыте»¹³².

Как видим, методология индуктивного эмпирического исследования со времен Аристотеля не сильно изменилась.

В построении объяснительных схем и в выборе между ними Гроссетет руководствовался двумя общими формальными «метафизическими» принципами. Первый принцип состоял в утвер-

ждении единообразия (*uniformity*) природы, подразумевавшего, что причины всегда единообразны в своих действиях, что из разнородных действий следует умозаключать к разнородным причинам и наоборот. Этот своеобразный принцип простоты был для него не только принципом отбора теорий или принципом, руководящим процессом индукции. Иногда он использовал его в качестве принципа самого физического объяснения. Так, при объяснении закона отражения света Гроссетет пишет: «...Природа лучистой энергии, порождающейся согласно закону прямолинейного распространения, порождающейся на препятствии, имеющем в себе тот же род духовной природы (*of spiritual nature*), становится там началом, порождающим себя по направлению, подобному тому, вдоль которого она была порождена сначала. Ибо, поскольку действия природы конечны и правильны, путь вторичного порождения должен быть подобен пути первичного порождения, и таким образом она порождается под углом, равным углу падения»¹³³.

Второе предположение, которое делает Гроссетет, состоит в принципе экономии (*lex parsimoniae*). Он находит его также у Аристотеля, который установил его как некий прагматический принцип. Комментируя текст Аристотеля, Гроссетет говорит: «...Если одна вещь более доказана из многих предпосылок, а другая вещь — из немногих предпосылок, одинаково ясных, понятно, что лучшая из них та, которая доказана из немногих, потому что она быстрее дает нам знание точно так же, как универсальное доказательство лучше частного, поскольку оно производит знание из немногих предпосылок»¹³⁴.

С такими предпосылками у Гроссетета возникает противоречие между «онтологической» и «методологической» метафизикой, если к последней отнести принципы, подобные только что перечисленным (природа проста, природа не делает скачков и т. д.). Так, например, в астрономии Гроссетета не согласовывались геометрически более мощная модель эпициклов и метафизически более оправданная аристотелевская модель гомоцентрических сфер. В связи с этим начинает развиваться противопоставление чисто математической теории-простоты-ради и физико-метафизической «истинной» теории — противопоставление, сыгравшее в свое время чуть ли не решающую роль. В комментарии к VIII книге «Физики» Гроссетет допускает анализ движения в вакууме в качестве нереального, чисто математического случая. Пространство, взятое как нереальный математический образ, может быть представлено и как пустое и как бесконечное, хотя эти атрибуты не могут быть приписаны реальному пространству.

О роли математики в методологии Гроссетета мы скажем позже, сейчас же обратим внимание на один существенный момент в самой идее этой методологии.

В «Аналитиках» Аристотель дал формальное обобщение научной процедуры: доказательства, определения, индуктивного вы-

вода. Его натуралистический индуктивизм в действительности не мог быть и не был универсальной методологией физического объяснения, и тем более не мог служить основанием для построения общезначимой методологии. Структура четырех причин, предназначенная для определения особого, уникального рода предметов (образца), должна была претерпеть существенное изменение при попытке понять ее как всеобщий причинный механизм естественных процессов.

Гроссетет, который исходил именно из общей формальной схемы, изложенной Аристотелем во «Второй Аналитике», а также из известного аристотелевского положения, что «природа вещей и причины событий идентичны»¹³⁵, попытался взять именно эту схему в качестве руководства для выработки общей методологии естественнонаучного исследования. Поскольку встала проблема понять эту методологию в связи с причинно-следственным механизмом, справедливым для любых и всех природных процессов, пришлось — большей частью незаметно для самого себя — радикально менять аристотелевскую структуру.

В «резолуционно-композиционном» процессе мы узнаем «природы» вещей и конструируем их реальные причинно-следственные механизмы. Физический «механизм» строится по образцу логического механизма умозаключения, так что действие следует из причин так же, как вывод следует из посылок. Определенную совокупность чувственных явлений мы заменяем тем самым рациональной сущностью «природы» с необходимыми «атрибутами»-действиями. Все существующее случайно (*per accidens*) заменяем существующим само по себе (*per se*). Пока мы остаемся в какой-либо отдельной области — в астрономии, механике, медицине, оптике или музыке, пока мы имеем дело с особыми природными процессами и явлениями, с предметами «своего рода», такая методологизация аристотелевской схемы не приводит к необходимости к перестройке причинной структуры.

Но как только речь заходит о «природе как таковой», о применении «резолуционной» процедуры к отдельным природам или родам, т. е. о возведении нашей методологии на уровень универсальной всеобщности, должны измениться само понятие причины и механизм причинного действия. Суть вопроса сводится к соотношению действия и формы.

Именно это преобразование создает центр того прогрессивного в дальнейшем процесса, в котором рождается сама идея всеобщей физики, в котором преобразуется понятие научного объяснения, теоретического построения и точного эксперимента. Результаты этого движения мы найдем в XVII в., но уже в XIII в. совершается необходимое изменение в научной культуре и даже, как мы покажем, развивается определенный набросок всеобщей физики, не получивший, впрочем, особого развития.

Истолковывая логическую схему Аристотеля в духе естественнонаучной методологии и рассматривая ее как всеобщую,

Гроссетет двигался от следствий-явлений к причинам-сущностям и затем от оснований-причин к выводам-действиям. Моменты формальной и материальной причины являлись промежуточными стадиями, средними членами умозаключения, на которых единая действующая причина-субстанция специфицировала свое действие в разных условиях, средах, формах. Таким образом, весь процесс представлялся теперь как разнообразный «механизм» преобразования единого действия исходной субстанциальной причины, как процесс умножения видов (*multiplicatio specierum*). В таком взаимодействии логического механизма аристотелевской силлогистики со структурой четырех аристотелевских причин, эта структура претерпела существенную перестройку. Из четырех причин-условий существования или произведений вещи она превращалась в двухполюсную причинно-следственную цепочку, где действующая причина занимала место большей посылки, конечная причина или эффект — место вывода или заключения, а формальная и материальная причина — место среднего, специфического члена, исполняющего роль границ и условий обнаружения действия. Едва ли надо особо подчеркивать фундаментальность этой схемы для всего последующего развития физического мышления.

Может быть, именно это преобразование и составляет существеннейший вклад «эмпирической» методологии Гроссетета тем более, что она сама по себе скорее служит свидетельством прелевантности эмпирико-индуктивистской идеологии для экспериментальной науки, чем доказательством близости оксфордской науки к науке Нового времени.

Гроссетет отчетливо представлял себе слабость «индуктивизма». Кромби, который склонен отождествлять методологические проблемы современной науки с затруднениями оксфордских индуктивистов, пишет: «В естественной науке знание причин всегда неполно и только вероятно. На самом деле невозможно исчерпать все факты или все возможные теории, которые могут объяснить их, а отсюда следует, что верификация некоторой теории не исключает возможности другой теории, верной в том же самом смысле. И действительно, теория верификации и фальсификации Гроссетета подразумевает, что любая верифицированная научная гипотеза является «верной» только в том смысле, что она основана на данном уровне наблюдаемых фактов: она не является единственной или окончательно «верной». Она достаточна, но не необходима»¹³⁶. В этом отношении дело опять-таки меняется, когда речь заходит о всеобщей физической теории, которая, по меньшей мере для ученых XIII в., не могла быть произвольной по метафизическим соображениям. Гроссетет, следуя в этом Аристотелем, понимал, что совершенная теория была бы достигнута в том случае, если бы существенные определения предмета (*propter quid*) совпадали бы с его эмпирическими определениями (*quia*), как это имеет место, например, в геометрии.

Мысль о том, что «только в математике вещи, известные нам, и вещи, существующие по природе, абсолютно, суть одно и то же»¹³⁷, высказал Аверроэс в комментарии к 1 книге «Физики», и после этого она стала обычной для множества средневековых трактатов. Но с XII—XIII вв. она вновь привлекает к себе внимание ученых.

В 1126 г. Аделард из Баты впервые полностью перевел «Элементы» Евклида с арабского оригинала. Евклидовский дедуктивизм в сочетании с эпистемологией «Второй Аналитики» (которая во второй половине XII в. была известна в трех вариантах перевода) становится основными источниками нового направления методологической мысли. Модель математического объяснения быстро усваивается в качестве модели идеального знания. «Для философов XII в., подобных Петру Абелюру, математика становится моделью науки, они пытаются даже теологическую аргументацию сформулировать согласно математико-дедуктивному методу»¹³⁸. К концу XII в. эти проблемы были подробно разработаны, например, в Англии такими учеными, как Даниил Морли, Александр Неккам, Мастер Гуго, Джон Лондонский, Джон Боланд из Оксфорда.

По мере того как способ *argumentatio ex res* завоевывал равные права со способом *argumentatio ex verbum*, не вступая с ним в противоречие ни по тому, что стремились понять, ни по тому, как оценивал само познание, по мере развития наряду с «вербальным» интеллектом интеллекта «созерцающего» — идеал математической формы знания выдвигался на первое место. «Наука линий, углов и фигур», — говорит Гроссетет, — служит тому, чтобы объяснить нам саму природу физических вещей, вселенной как целого и каждой ее части в отдельности, природу движения, природу активности и пассивности по отношению к материи и по отношению к зрению и другим чувствам»¹³⁹. Для Гроссетета именно математическое доказательство являлось образцом наивысшей достоверности для человеческого интеллекта в его нынешнем состоянии. В геометрии он видел тождество чувственного и понимаемого, непосредственно созерцаемого и дедуктивно определенного, которое казалось ему образом самого божественного интеллекта. С одной стороны, пониманию математических сущностей способствуют образы, воспринимаемые зрением (*ad quas comprehendends nos invant phantasmata imaginabilia visu recepta*), с другой — эти образы лишены случайности и неопределенной сложности эмпирически наблюдаемых вещей.

Вместе с тем именно с развитием этого взгляда, может быть, наиболее отчетливо вновь открывается та пропасть между метафизическим пониманием «причин», «природ», «сил» и математическим «формальным» описанием, которую впервые осознал Аристотель и которая определила движение всей физической мысли Средневековья и Возрождения.

Хотя геометрия и дает нам теоретическое знание о некоей «созерцаемой» вещи (например, о треугольнике, в котором с математической точки зрения нет ничего, кроме того теоретического свойства, что сумма его углов равна двум прямым), по она ничего не говорит о реальном существовании этой «вещи» и, следовательно, помогает нам лишь постольку, поскольку реально существующей (воспринимаемой естественными чувствами) вещи случайно присуща форма треугольника. Поэтому физика, которая говорит ведь о существующем, должна быть дополнена онтологической, принципиально нематематической теорией. Далее, хотя геометрия и фиксирует точный «вид» явления (например, равенство углов падения и отражение света), она еще ничего не говорит о физико-метафизической «причине» этого явления, о его действующей «природе». Короче говоря, математика, наряду с сенсуалистической классификацией качеств, относится к условной сфере причин, ответственных за *differentia specifica*, именно к области «формальных причин».

Арифметические законы в музыке, геометро-арифметические законы в астрономии, геометрические законы оптики, хотя и описывают явления в чистом виде, но ничего не говорят о том, почему это происходит именно так. Для выяснения этого основного вопроса необходимо обратиться к высшей науке, науке о всеобщих действующих причинах — к метафизике. Действующая причина, «природа» является причиной «более физической», чем формальная причина, устанавливаемая математикой.

Именно в этом — корень того «эмпиризма» и «индуктивизма», который показался многим столь похожим на методологию науки Нового времени и который — как нам представляется, и мы надеемся показать это подробнее, — скорее, является чертой, принципиально отличающей средневековый метод физического мышления от экспериментально-теоретического метода Новой науки.

Эту пропасть между метафизикой действующей причины и математикой причины формальной следует постоянно иметь в виду, когда мы исследуем отношение средневековых авторов к математике и когда мы сталкиваемся с чрезвычайно высокой оценкой последней.

Однако именно развитие понятия о природе математической достоверности и процесс, приведший к переосмыслению понятия доказательства (от доказательства обоснования, доказательства-аргументации к доказательству-выводу), позволили преодолеть этот разрыв.

У Гроссетета можно заметить эту двойственность в оценке математики. Ясно сознавая метафизическую первичность действующей причины, он тем не менее пишет: «Все причины естественных действий должны быть выражены посредством линий углов и фигур, поскольку в противном случае было бы невоз-

можно иметь знание основания (*propter quid*), касающегося их». Или в другом месте: «Эти правила, принципы и основания были даны силой геометрии, прилежный наблюдатель естественных вещей может дать этим методом причины всех естественных действий»¹⁴⁰.

Для Роджера Бэкона математика является как бы врожденным знанием души, которая поэтому расположена к математическому пониманию более, нежели к любому другому. Математика является тем самым первой наукой в процессе обучения, самой легкой, простой и близкой человеческому уму. Поэтому именно математическими примерами ученые пользуются для пояснения своих рассуждений. Математика является, таким образом, наукой первой «по времени», но не «по понятию». Такой взгляд вполне согласуется с классическим аристотелизмом, он не предполагает, что и высшие, теолого-метафизические или метафизико-физические знания должны обладать геометрической наглядностью, ни тем более быть каким-то образом родственными математическим знаниям. Ситуация здесь прямо противоположна ситуации в современной науке, где в качестве наглядных примеров используются чувственные образы, тогда как математическая теория составляет вершину физического понимания.

Однако и для Роджера Бэкона математика является не только универсальной формой, с помощью которой любая наука может достичь наглядной ясности. Там, где речь не идет о последних причинах, в частной сфере физических наук, рассуждение должно вестись «не с помощью диалектических и софистических доводов, а с помощью математических доказательств, доходящих до истин и дел других наук и управляющих ими»¹⁴¹.

Без сомнения, идея математической теории формировалась в этих размышлениях с определенностью, свойственной неоплатоновской традиции, с которой связаны работы оксфордских ученых. Вместе с тем здесь было доведено до крайности разделение действующей и формальной причины, так что простое понятие формы уже не могло быть принято в качестве руководящего принципа. Понятие единства действующей причины и единого механизма «умножения видов» выводило Гроссетета за рамки простого индуктивизма, поскольку всеобщие обоснования черпались в определенной метафизической доктрине, касающейся природы этого действия и этого механизма. Решающим для всего дальнейшего движения физической мысли и методологии физического исследования должен был быть процесс взаимодействия двух типов достоверности: содержательной достоверности метафизики и формальной достоверности математики. В той мере, в какой математическая форма понималась как существенное определение субстанции, а сама субстанция унифицировалась и выступала в своей очищенной всеобщности, возникал тот «метафизический» проект природы, в котором могло развиваться универсальное физическое исследование.

В свете этой проблематики наиболее фундаментальным достижением оксфордской физики являются теория света и оптика, поскольку они оказываются у них не просто частным вопросом общей натурфилософии, а ее основой, т. е. основой некоторой универсальной физической теории.

В теории света оксфордцев сосредоточиваются линии развития трех основных проблем их естествоиспытательских занятий — эмпирической методологии, физико-метафизической доктрины и физико-математической теории.

В. Метафизика света и «оптическая физика»

Метафизическая доктрина средневековых мыслителей, внутренне определенная теологическим принципом, должна быть наукой о всеобщих основаниях. В зависимости от того, как решалась ее проблема — проблема единого действующего источника, — находилось решение вопроса о двух фундаментальных возможностях: — возможности существования мира природы (натурфилософия) и возможности человеческого познания (гносеология). Метафизическая первосубстанция должна была быть в одно и то же время основанием, определяющим естественные процессы (*ratio essendi*) и основанием мышления, понимания этих процессов (*ratio cognoscendi*). Вне этой системы мы никогда не поймем ни истинной природы средневекового «эмпиризма», ни источника средневековой физики.

Мы уже говорили, что разбираемые нами оксфордские ученые принадлежали августиновской традиции, теснейшим образом связанной с идеями неоплатонизма. Фундаментом этой традиции является «метафизика света», т. е. утверждение о том, что «Lux est principia essendi et principia cognoscendi»¹⁴². Эта метафизика и явилась тем, благодаря чему Гроссетет и все последующие физики решали как основную проблему «индуктивизма» — проблему перехода от вероятного знания к всеобщедостоверному, так и основную проблему физической теории — проблему принципиального совмещения математической достоверности с метафизической онтологичностью.

Только в связи с метафизикой света мы можем понять истинную природу той методологии эмпирико-индуктивистского опыта, которая столь характерна для ученых XIII—XIV вв.

Исходным пунктом этой методологии было представление о двух способностях человеческого духа — уме (*mentis aspectus*) и о чувственной душе (*mentis affectus*). В одной из самых ранних своих работ Гроссетет говорит о том, что науки очищают человека от заблуждений (*purgationis erroris*) в трех отношениях: ум от темноты неведения, душу от слепоты страстей и тело от мрака чувственности. Для средневекового ученого вообще очевидно, что в столь серьезном событии, как постижение

истины, человек участвует весь, в меру всех своих способностей. Поэтому весь человек должен измениться, прежде чем он сможет включиться в познание. В то время верили, что дурной и грязный человек не может быть умным.

В этой связи само «опытное исследование» предстает в несколько ином свете. Дело в том, что здесь речь вообще не шла о так называемом «обобщении» результатов наблюдения. Истинное знание всегда уже присутствует в человеческой душе, и надо только подготовить чувственное тело и восприимчивый разум к тому, чтобы истина могла просветить их. Необходимо упражнение внимания, чтобы освободить духовные очи от случайностей лишних ощущений, необходимо также исследовать природу, чтобы она могла подсказать, *навести на мысль*, направить независимое действие интеллектуальной интуиции. Общий принцип открывается не в результате «индуктивной процедуры», а в *мгновенном озарении*, наступившем после длительной работы очищения и внимательного наблюдения. Дадим слово самому Гроссетету.

«...Поскольку чистота духовных очей затемнена и отягощена греховным телом, все силы этой рациональной души, присущие человеку, подавлены массой тела и вследствие этого не могут действовать и как бы пребывают во сне. Когда же в течение долгого времени чувства многократно взаимодействуют с чувственными вещами, рациональная способность пробуждается, будучи смешанной с этими чувственными вещами, и как на корабле переправляется по чувственным способностям к чувственным вещам. Действующий разум начинает разделять и рассматривать отдельно то, что было спутано в чувствах. Например, зрение сплывает цвет, размер, тень и тело, и по его суждению все это дано в единстве. Но действующий разум отделяет цвет от размера и тень от тела, а также тень и размер от телесной субстанции и, таким образом, посредством разделения и абстракции он приходит к познанию телесной субстанции, обладающей фигурой и цветом. Но разум не знает, что это есть действительно универсальные характеристики, если только он не абстрагировал их из многих единичностей и не получил одну и ту же универсальную посредством суждения, сделанного для многих единичностей»¹⁴⁵. Между таким «индуктивным» заключением и действительной теоретической универсалией, однако, существует непреодолимый для рациональной способности разрыв, преодолеваемый только интуицией или озарением разума, в котором наступает внезапное просветление. «Вечные формы», — утверждает Гроссетет, — существующие как *ratio essendi*, могут быть с определенностью познаны человеческим воплотившимся интеллектом, когда они благодаря божественному озарению засияют в человеческом разуме как *ratio cognoscendi*. Озарение есть духовный свет, который пролит на интеллигибельные вещи и на духовные очи (*oculus mentalis*) и который имеет то же отношение к внут-

ренним глазам (*ad oculum interioram*) и к интеллигибельным вещам, какое телесное солнце имеет к телесным глазам (*ad oculum corporalem*) и к видимым вещам»¹⁴⁵.

Нечто похожее мы находим у Роландера Бэкона, который пишет в своей знаменитой главе об «Опытной науке»: «...Святые отцы и пророки, которые первыми дали миру науки, обрели внутреннее озарение, а не ограничили их ощущениями. Подобным же образом поступали многие верующие после Христа. Ибо часто озаряют благодать веры и божественное вдохновение не только в духовных вещах, но и в телесных и в философских науках...»¹⁴⁶

Таким образом, божественное озарение, просветление телесного ума духовным светом становится для них источником метафизической достоверности, а эмпирические исследования, гипотезы и умозаключения суть *условия, ступени, поводы* для возможного озарения. Свет является универсальной интеллектуально-физической субстанцией.

Метафизика света Гроссетета почерпнута им у разных авторов, но его гений, как справедливо замечает Кэллас, «сказывается в том порядке, связанности и единстве, в который он привел эти разрозненные члены»¹⁴⁷. Свет для Гроссетета и есть та единая действующая причина, исходящая непосредственно от бога, которая, множась и разнобразясь, творит весь внешний и внутренний мир. Всякое существо и состояние совершенно в той степени, в какой оно ближе к природе света. Процесс познания есть постепенное просветление чувств, души и ума. «Свет — это простая субстанция и вместе с тем — первая телесная форма, которую некоторые называют телесностью. Вначале бог сотворил бесформенную материю и свет — первую форму в первой материи. Благодаря бесконечному распространению во всех направлениях свет разносит материю во все стороны и, таким образом, производит первое тело — небосвод и другие сферы этого видимого мира»¹⁴⁸.

По Гроссетету, свет не только исходная действующая причина всех движений и изменений в природе, он является также и началом формы, протяженности и пространственных измерений.

В своем трактате «О свете» Гроссетет задается целью вывести все формы изменений — качественное изменение, возникновение и уничтожение, количественное изменение, рост и местное движение — из различных действий света¹⁴⁹. Мало того: «Субстанция звука, — пишет ученый, — есть свет... Когда ударяют по звучащему телу, часть его отделяется от естественного положения, но естественные силы возвращают отделившиеся части обратно в эти положения, а сила их возвращения заставляет их опять мновать естественное положение и они еще раз возвращаются... И это может происходить некоторое время до тех пор, пока части наконец не успокоятся... Когда это движение расширения и сжатия в одном и том же объекте достигнет природы света (*naturam lucis*), соединенного с наиболее тонким возду-

хом, который находится в звучащем теле, возникает звук»¹⁵⁰. Таким образом, звук — это как бы невидимый свет. Короче говоря, свет, согласно Гроссетету, и представляет собой то субстанциональное первичное действие, которое производит все многообразие физической реальности.

Еще более существенно, что свет является как раз такой субстанцией, что его телесные свойства максимально близки к чисто геометрическим, так что эта физическая основа всех вещей с успехом может служить теоретической основой математической физики, поскольку оказывается, что понять явление с математической достоверностью и понять его как определенную световую структуру — суть одно и то же.

Свет — это такое физическое тело, которое именно как физическое обладает чисто теоретическими свойствами тела геометрического. Как раз эта мысль впоследствии ляжет в основу оптики Декарта¹⁵¹.

Именно потому, что свет являлся, таким образом, тем гармонизирующим центром, благодаря присутствию которого могли совпадать в едином знании достоверность *чувственного опыта*, достоверность *математической теории* и *метафизическая достоверность* действительного бытия, Гроссетет полагал, что оптические исследования могут служить ключом к теоретическому пониманию физического мира в целом или во всяком случае, его совершеннейших сущностей¹⁵². Оптика становится основной и первой теоретической наукой подобно тому, как четыре века спустя такой универсальной наукой станет механика.

Это ставит проблему физического опыта совсем по-другому. В метафизико-теоретической перспективе возникает принципиальная возможность разработать методологию экспериментального исследования в современном смысле слова. Достаточно только сделать оптику всеобщей моделью идеализации физических явлений. Дело, однако, до этого не дошло, и мы, разумеется, не собираемся здесь развивать эту неуспевшуюся возможность.

Но оптика становится первой наукой, а это значит, что специально оптические исследования получили мощнейший стимул к развитию. «Хотя Гроссетет утверждал, что лух является основой всех естественных причин, но именно в видимом свете его законы обнаружены ясно и легче всего доступны исследованию, и поэтому он утверждал, что законы оптики являются основой любого естественнонаучного объяснения»¹⁵³.

До сих пор оптика рассматривалась в качестве самостоятельной «прикладной математики». Содержание ее составляли теория зрения, закон прямолинейного распространения света, закон равенства углов падения и отражения и различные гипотезы о природе и законе преломления. В период от Аристотеля до Птолемея она была доведена до совершенства и описывала все более многочисленные и сложные эффекты, но ее фундаментальные гипотезы не претерпели никакого изменения вплоть до появ-

ления в XI в. великого трактата по оптике араба Аль Хайсама¹⁵⁴.

В соответствии с этим и оптика Гроссетета делится на 1) теорию зрения (*de visu*), включающую в себя теорию как пассивного, так и активного зрения (соответственно тому, считается ли, что лучи исходят от предмета или от глаза); 2) катоптрику — теорию отражения и 3) диоптрику — теорию преломления. Но интерес всех оксфордских оптиков был сосредоточен на теории радуги, и поэтому диоптрика выдвигается ими на первый план.

Однако экспериментально-теоретические работы по оптике самого Гроссетета еще весьма слабы. Роджер Бэкон, который был уже знаком с работами Евклида, Птолемея, Диокла, Аль Хайсама, Авиценны и других, создает трактат о зрении, ставший одним из важнейших произведений Средних веков и исходной точкой соответствующих работ XIV в. В трактатке радуги Роджер отступает от Гроссетета. В этой области, говорит он, «требуются эксперименты, проводимые в широком диапазоне и при различных условиях... По этой причине я не думаю, что в этой области я уловил истину в целом, ибо я еще не провел всех экспериментов, которые необходимы... Поэтому в настоящее время мне приходится не давать достоверное знание... а рассматривать предмет в форме аргументов для дальнейшего научного исследования»¹⁵⁵.

Может быть, наиболее фундаментальной работой по оптике после трактата Аль Хайсама была «Перспектива» Витело. Основу ее составляет та же неоплатоновская метафизика света, он также рассматривает изучение света как средство введения математической достоверности в физику и основу для физического понимания вообще. «Полагая, что сила формы», — пишет Витело, — одним и тем же способом дана чувствам и тому, что противоположно чувствам, что свет есть самая первая чувственно-воспринимаемая форма и что мы намереваемся исследовать действующие причины всех чувственно воспринимаемых вещей, в которых зрение обнаруживает столь великое разнообразие, нам кажется желательным изучать эти причины посредством видимых сущностей. Именно такого рода исследования находим мы у мудрецов, которых раньше было довольно много, известных как исследователи оптики (*perspectivorum*). Название оптиков кажется мне подходящим для них, хотя, чтобы настоящая работа соответствовала своим задачам, автор в большей степени будет стремиться показать наиболее скрытые способы действия естественных форм... Поскольку к любому способу видения может быть применен метод математического или естественнонаучного доказательства, я... буду иметь дело с тем, что относится к естественным действиям форм посредством видимых действий, которые можно изучать в соответствии с тремя способами видеть»¹⁵⁶. Эти способы видеть: прямой, отраженный и преломленный луч.

ГАЛИЛЕЙ.

ПРИНЦИПЫ ЭКСПЕРИМЕНТА В НОВОЙ (КЛАССИЧЕСКОЙ) ФИЗИКЕ

Введение в проблему

Экспериментальное искусство в области диоптрики достигает у Витело весьма высокого уровня. Продолжая исследования радуги, он сконструировал лучшую для своего времени призму для изучения спектра. Гексагональный кристалл он покрывал с двух сторон непрозрачным воском, оставляя между ними свободную плоскость. Располагая затем кристалл так, что три оставшиеся грани были направлены к солнцу, лучи которого проникали в темную комнату через маленькую дырочку, он получал очень яркий спектр, изменяющийся при вращении кристалла. В заключение он приводит эксперименты со сферическим сосудом, заполненным водой.¹⁵⁷

Наиболее разработанную теорию радуги на основе исследования дифракционных явлений дал Теодорик Фрайбургский (Майстер Фитрих), немецкий доминиканец, умерший в 1311 г. Его работа завершает линию исследований, начатую Гроссететом, и является собой пример продуктивности этого метода. Достижения этих оптиков стоят непосредственно у порога тех открытий, которые были сделаны в оптике XVII—XVIII вв. Кромби убежден, что основные положения пытоновой теории спектра были известны уже этим средневековым оптикам. Он цитирует писателя XIV в. Тимона Иудея, который полагает, что «цвета получаются не из-за различия плотности среды, а из-за разной природы лучей (*propter naturam lucis*)»¹⁵⁸. «Витело, Теодорик и Тимон... впервые установили,— утверждает Кромби в другом месте,— что каждый видимый в спектре цвет, который производит солнечный свет, проходя через призму или гексагональный кристалл, представляет собой особый род лучей, производимый модификацией белого света при различных углах преломления. Эта работа,— заключает он,— не была забыта; она прямо связана с работами Гюйгенса и Ньютона»¹⁵⁹. Заметим, что второе основное утверждение Ньютоновской теории, что монохроматические лучи не разлагаются при дальнейшей рефракции, было открыто Иоганом Маркусом Марци из Кронланда¹⁶⁰ в начале XVII в.

Накопец непосредственную связь с работами Теодорика и Витело обнаруживает и Декарт в своих «Метеорах». Обращает на себя внимание также само название первой фундаментальной его книги, которая в целостном виде так и не появилась: «*Le Monde, ou Traité de la Lumiér*» («Мир или трактат о свете»). Таким образом, мы, пожалуй, можем утверждать, что «оптическая физика» оксфордцев представляла собой реальную основу для разработки универсальной экспериментальной физики, что ее существенные экспериментальные успехи отнюдь не случайны и представляют собой как бы след гораздо более фундаментального замысла, что, наконец, этот замысел давал о себе знать вплоть до XVII в., когда постепенно был вытеснен иным экспериментально-теоретическим проектом, основывавшемся на всеобщей механике.

Научная ситуация XVII в. представляет для современной физики особый интерес. После того, как целый исторический период предстал перед глазами в качестве законченного целого («классическая физика») и современный физик осознал себя в некотором новом состоянии, стало в особенности важно освободиться от той наивной точки зрения, будто рождение новой науки в XVII в. — это наконец-то свершившееся раскрытие глаз человека, которые увидели чистую природу с незамутненной непосредственностью.

Тот процесс самосознания физической науки, которым сопровождалось развитие физики в XX в., выдвинул на первый план не только логические и гносеологические проблемы, но и в не меньшей степени историко-физические проблемы. «Классическая» физика представляет собой не только некоторое законченное и сложившееся целое, логический анализ которого мог бы выяснить «что это такое», она вся целиком содержится в системе современной физики, и ее «законченность» носит двойственный характер. С одной стороны, она противопоставлена чему-то новому («классическое» — «неклассическое»), с другой же — она открыта, и переход к новому непрерывен («соответствие»). Это противоречие наводит на мысль, что «неклассическая» физика не столько есть «следующая» ступень в однообразном прогрессивном развитии науки, сколько преобразование некоторых фундаментальных начал самого физического мышления. Опять-таки опыт современной физики заставляет подозрительно отнестись к «классичности» прошлой физики¹. Именно в этом логический и гносеологический анализ смыкается с историческим и даже переходит в него. Исторический анализ того процесса, в котором закладывались основы новой науки, формы ее теоретической и экспериментальной деятельности, дает возможность увидеть весь «неклассический» проблематизм этих исходных принципов. Может быть, после Ньютона этот проблематизм уходит глубоко в подтекст научной работы, и физика приобретает свой «классический» лоск, — на глади которого к концу XIX в. осталось уже,

как известно, лишь «два пятнышка» — не только предвестники ее будущих потрясений, но и метки ее прошлых конфликтов.

Историк, переходя к эпохе XVII в., впервые чувствует себя «на родине» и освобождается от неловкого чувства чужака, который вынужден объяснять, почему люди так долго занимались «не тем», «не так», «не с той целью», вводя в дело «идолов», «наваждения» и «неудачи»².

Здесь впервые научное мышление явно выступает в том виде, в каком оно известно нам по современной науке, и теперь уже более не приходится отыскивать случайные элементы научных знаний, полученных как бы вопреки воле автора. Однако этот боковой историзм был поколеблен и подорван в начале XX в. (в работах Дюгема, Кассирера, Ольшки и др.) благодаря тому, что, с одной стороны, были глубже раскрыты философские («метафизические») предпосылки научно-теоретической деятельности вообще и, с другой — исторический процесс, предшествующий рождению новой науки, был исследован с небывалой еще детальностью.

Однако опыт гносеологического анализа проблем «неклассической» физики затронул столь глубокие пласты «метафизических» оснований, что и историческое понимание оказалось вынужденным углубить свою точку зрения. «Классическая» наука выступила как определенный тип теоретизирования, который не возник сам собой, но и не просто явился результатом предшествующего развития. «Классическая» наука понимается теперь как определенный способ решения тех же самых проблем, которые стояли перед древней физикой и которые в новом аспекте стоят перед современной. Древняя физика в равной мере была некоторой «неклассической» физикой, и в логическом отношении к ней формировалась «классическая». Или же можно сказать, что новая физика была «неклассической» по отношению к аристотелевской, т. е. она открыла противоречия, скрытые в этой последней и дала иной по сравнению с ней способ их решения (устранения). Иначе говоря, нет «классических» и «неклассических» физик, но есть разные типы экспериментально-теоретической работы, каждый из которых становится классическим в той мере, в какой исключает логический контакт с иными экспериментально-теоретическими типами. При этом теория лишается своей логической глубины, распадаясь на две совершенно разнородные плоскости: эмпирическое «содержание» и логическую «форму».

Такое отступление в область логики было необходимо здесь (как и повсюду до сих пор), чтобы яснее представить себе теоретическое значение рассматриваемого исторического момента. А он представляется во многих отношениях уникальным.

Совершается перевод, всю глубину которого вряд ли можно измерить еще и теперь.

Традиционный аристотелизм утрачивает статус ясного «естественного» миропонимания, соответствующего добавок истинам

Откровения. В нем начинают видеть «концепцию», детально разработанную, универсальную, логически цельную, но — концепцию, которая имеет предпосылки, допущения, идеализации, концепции, основы которой не обоснованы.

Новая наука только еще предчувствует себя. Она живет интуицией и энтузиазмом, но для науки она слабые опоры, и острее всего это чувствует «картезианский дух» Новой науки. Ей нужны не столько фактические подтверждения и искусство аргументировать, сколько логически достоверные начала. Ей жизненно важно логическое самопознание (уяснение собственных основ), она должна одолеть аристотелизм основательностью.

Наука погружается в философию, речь идет о глубинных корнях научного мышления, о его возможных началах. При этом формируется отнюдь не одно, просто противопоставляемое аристотелизму «начало». Здесь осознаются такие возможности, о которых теоретики вновь начинают задумываться только в XX в. Стоит только напомнить великие философские споры XVII в.: Декарт — Мальбранш, Мальбранш — Спиноза, Спиноза — Лейбниц, Лейбниц — Ньютон, рационализм — эмпиризм, физика — метафизика...

Труды Галилея доставляют нам редкую возможность наблюдать процесс преобразования схоластико-перипатетической логики в логику новой науки, а значит, и процесс преобразования самого принципа отношения теоретика к своему предмету — принципа эксперимента.

В деятельности Галилея мы имеем редкое сочетание содержательно-физического, логико-философского и математического мышления. Точнее же, следует говорить не о сочетании, а о едином теоретическом мышлении, которое и составляет творческий нерв любой из этих трех форм. Мы видим в Галилее физика, который отчетливо понимает конструктивно-математическую сущность всех физических понятий и в то же время неуклонно создает их физико-метафизическую содержательность. Перед нами не просто частный продукт совершившегося преобразования (совокупность — пусть и очень важных — открытий в области астрономии и механики), а труд, запечатлевший само преобразование во всей его радикальности и культурной тотальности.

По мере того, как новая наука приобретала статус самоочевидности, т. е. вырабатывала свой здравый смысл, становилась авторитетной и эмпиричной, она утрачивала непосредственное сознание своей логической глубины. Усредненный перипатетик XVII в. Симплицио благополучно пережил «свою» эпоху и до сих пор представляет обобщенное сознание науки. Но каждый раз, когда происходит фундаментальный сдвиг в основах, эксперимент — это «естественное» и «классическое» орудие научного познания — снова оказывается проблемой наряду с «причинностью», «физическим смыслом» и т. д., тогда-то и стоит перечитать Галилея.

Анализ галилеева понимания физического эксперимента должен быть, кроме того, проблемным камнем всей концепции, предложенной в этой работе. Нам представляется, что эксперимент в понимании Галилея является связующим звеном между древним и современным экспериментом, т. е. между тем понятием эксперимента, которое мы пытались развить на предшествующих страницах, и понятием эксперимента в современной науке. Здесь, в работе Галилея, мы надеемся найти и показать читателю внутреннее единство этих двух понятий. В результате, благодаря Галилею, привычный смысл эксперимента должен быть настолько изменен, что работа, проделанная нами, получит дополнительное и, может быть, наиболее серьезное оправдание.

В современной историко-физической и философской литературе мы можем проследить известную эволюцию в понимании процесса рождения новой науки и соответственно роли Галилея в этом процессе. Мы отмечаем уже ранее некоторые наиболее типичные сдвиги в этом понимании. Здесь будет уместно дать пример такой эволюции. Мы выбрали, в частности, А. Эйнштейна, чтобы показать, как со временем изменялась его оценка роли Галилея.

Наиболее общераспространенным мнением является то, что после пропагандистской деятельности Ф. Бэкона Галилей, как и все «подлиннее» физики того времени, как Гассенди, например, отбросил все выдумки перипатетизма, его методы «аналогизирования» и его «логику», обратился к непосредственному наблюдению природы, разумеется, к наблюдению систематическому, активно вопрошающему или же, по меньшей мере, к проверке своих математических гипотез на опыте.

В 1933 г. в докладе «О методе теоретической физики» Эйнштейн предпринял первую (если не считать кратких высказываний в более ранних работах) попытку дать очерк развития физической науки от древности до XX в. Основная проблема, которая послужила для этого связующей нитью, была проблема соотношения опыта и мышления. По мнению Эйнштейна, достоинство эллинов состоит в том, что они дали образец логически строгой интеллектуальной системы в геометрии Евклида. Но этого было мало для развития физической науки. Отсутствовал фундаментальный принцип опыта, а достижение этого принципа «не было достоянием философии до Кеплера и Галилея». «Положения, полученные при помощи чисто логических средств,— говорит Эйнштейн,— при сравнении с действительностью оказываются совершенно пустыми. Именно потому, что Галилей создал это, и особенно потому, что он впустил эту истину ученым, он является отцом современной физики и, фактически, современного естество-

вознания вообще»³. В конечном счете, согласно Эйнштейну, логическое мышление должно исполнять свою автономную работу так, чтобы в выводах его результаты могли быть сопоставлены с опытом, который и является последним судьей и ценителем этих «свободных творений человеческого разума».

И действительно, когда мы изучаем историю галилеевского «Звездного вестника», когда видим, какое фундаментальное значение имели тщательные наблюдения Тихо Браге и эмпирическая добросовестность Кеплера в создании новой астрономии, мы понимаем всю справедливость такого представления.

Известны слова Галилея, что если бы Аристотель знал те факты, которые знаем мы, он изменил бы свою концепцию. Известно письмо Галилея Кеплеру, написанное в августе 1610 г. («Звездный вестник» был опубликован в марте), где он жалуется: «Посмеемся, мой Кеплер, великой глупости людской. Что сказать о первых философах здешней гимназии, которые с каким-то упорством аспиды, несмотря на тысячекратное приглашение, не хотели даже взглянуть ни на планеты, ни на Луну, ни на телескоп... Почему не могу посмеяться вместе с тобой? Как громко расхохотался бы ты, если бы слышал, что толковал против меня в присутствии великого герцога Пизанского первый ученый здешней гимназии, как сидели он логическими аргументами как бы магическими прельщениями отозвать и удалить с неба новые планеты»⁴. Достаточно беглого просмотра основных произведений Галилея — «Диалогов» и «Бесед», чтобы найти буквально на каждой странице описание самых разнообразных опытов, как весьма простых, явных и очевидных, так и других — хитроумных и оригинальных. Известны ходячие легенды о бросании камней с пизанской башни, об экспериментальной проверке закона свободного падения.

Однако таков результат только «умозрительного» подхода к самому Галилею, только беглого просмотра его сочинений. Буквально с первых же страниц «Диалогов» нас поражает, что не кто иной, как добросовестный представитель ортодоксального аристотелизма Симплиций, выступает защитником чувственной очевидности, причем выдвигает именно эмпирические аргументы против коперниканца Сальвиати. Мы ведь часто забываем, что физика схоластического аристотелизма как раз и имела к тому времени статус непосредственной *эмпирической очевидности*, так что коперниканство воспринималось как спекулятивно-математический парадокс. Поэтому наше первоначальное мнение должно быть изменено и уточнено.

В 1953 г. в предисловии к новому изданию «Диалогов» Эйнштейн самокритично пишет: «Часто утверждают, что Галилей стал отцом современной науки, заменив умозрительный дедуктивный метод экспериментальным, эмпирическим методом. Думаю, однако, что подобное мнение не выдерживает более внимательной проверки. Не существует эмпирического метода без чисто умозри-

тельных понятий и систем и не существует систем чистого мышления, при более близком изучении которых не обнаруживалась бы эмпирический материал, на котором они строятся... Экспериментальные методы, которыми располагал Галилей, были столь несовершенны, что только с помощью чистого мышления можно было свести их в единое целое...»⁵. Таким образом, кажется, аристотелевская и галилеевская физика по меньшей мере в методологическом отношении уравниваются в правах. Таково мнение гениального физика, хотя и не специалиста в истории этой науки.

Один из крупнейших французских историков науки, А. Коире, в своих «*Études galiléennes*» пишет: «Часто говорят о роли опыта, о рождении «экспериментального духа». И действительно, экспериментальный характер классической науки составляет одну из специфических ее черт. Но на самом деле речь идет о двусмысленности: опыт в смысле грубого опыта, наблюдения здравого смысла, не играл никакой роли в рождении классической науки, если только не был ей препятствием; и физика парижских номиналистов — и даже физика Аристотеля — была часто гораздо ближе к опыту, чем физика Галилея»⁶. Другой историк, специалист по Галилею, автор одной из наиболее солидных биографий великого итальянца — Вольвилль, разбирая пизанские заметки Галилея, касающиеся проверки закона падения, замечает, что результатов, противоречащих выводам Галилея, было гораздо больше, чем подтверждающих их. «Сильное пристрастие к новой теории (!), — разъясняет Вольвилль, — сделало его изобретательным в установлении оснований, объясняющих, почему не обнаруживаются на деле рассчитанные следствия. Оно склоняло его к мнению, что, будучи уверенным в точке зрения, которая вполне удовлетворяет рассудок, можно поначалу оставлять без внимания явное противоречие с опытом»⁷. В дальнейшем мы подробнее рассмотрим эту ситуацию и найдем у самого Галилея еще немало свидетельств такого положения дел.

Однако, все своеобразие, вся радикальная специфика эксперимента новой физики находятся еще глубже. Анализ фундаментальных теоретических понятий галилеевской физики показывает, что все они строятся из элементов, *принципиально ненаблюдаемых*. Нельзя наблюдать непосредственно ни трех движений Земли, ни импульса, «вложенного» в движущееся тело, ни «всех степеней медленности», которое проходит свободно падающее тело, ни движения материальной (весомой) точки в пустоте и т. п. Нереализуемы также (принципиально, по условиям задачи нереализуемы) те качества и свойства, которыми должны обладать идеальный предмет и процесс (абсолютные твердость, гладкость, прямолинейность и т. д.), чтобы результат эксперимента мог быть теоретически значимым.

В «Эволюции физики», написанной Эйнштейном вместе с Л. Инфельдом в 1938 г., такое понимание выражено яснее всего.

«Открытие, сделанное Галилеем, — пишут авторы, — и применением методов научного рассуждения были одним из самых важных достижений в истории человеческой мысли, и это отмечает действительное начало физики. Это открытие учит нас тому, что интуитивным выводам, базирующимся на непосредственном наблюдении, не всегда можно доверять, так как они иногда ведут по ложному следу...» «...Закон инерции нельзя вывести непосредственно из эксперимента (имеется в виду обыденный опыт. — А. А.), его можно вывести лишь умозрительно — мышлением, связанным с наблюдением. Этот идеализированный эксперимент никогда нельзя выполнить в действительности, хотя он ведет к глубокому пониманию действительных экспериментов»⁸. Из этих слов как будто следует, что ситуация вывернулась наизнанку. Именно аристотелева физика оказывается стоящей только на эмпирической основе, тогда как глубокая мыслительная работа отличает новую, галилееву физику.

Определение, данное в заключении цитированного отрывка, как нам кажется, весьма удачно фиксирует особенность эксперимента новой науки. Физик изобретает *нереальные* (экстремальные) ситуации, к которым применимы его понятия (масса, импульс, мгновенная скорость и т. д.), и тем самым понимает физическую суть *реальных* процессов и явлений. На следующих страницах мы попытаемся подробнее выяснить характер этого процесса.

Поскольку же именно Галилей является изобретателем, теоретиком, пропагандистом и мучеником этого метода, поскольку в своей героической миссии Галилей вынужден был оправдывать и защищать свой метод, т. е. самого себя, а значит, должен был и особенно глубоко раскрыть его особенности, мы подробнее остановимся именно на деятельности Галилея.

Авторитет, факт, теория

Мы избираем в этой главе такой способ изложения, при котором (по меньшей мере сначала) раскрытие проблемы исследования эксперимента хронологически совпадает с последовательностью событий определенного этапа творческой биографии Галилея. Можно подумать, что Галилей задумался над этой проблемой относительно поздно, после наивных и тщетных попыток опираться на материал непосредственных наблюдений и опытов. Это, однако, не соответствует действительности. Искусству экспериментально мыслить Галилей научился задолго до того, как ему пришлось разъяснять принципы этого искусства. Тем не менее, нам кажется, разумнее будет изложить путь, которым на самом деле шел Галилей, позже. Начать же лучше всего с того момента, когда, вступив в обширную и сложную полемику с научной общественностью, Галилей должен был как бы вновь пройти все

этапы понимания, научить «наблюдателей» и «истолкователей» экспериментально исследовать предмет и ввести эксперимент в самое средоточие теоретической физики.

А. Факт против авторитета

Поворотным пунктом в судьбе Галилея и всей новой физики можно считать весну 1610 г., когда был опубликован и быстро распространен в научном мире «Звездный вестник». Наблюдения, проведенные Галилеем при помощи значительно усовершенствованного им телескопа, дали столь сенсационный материал, что все ближайшее развитие науки представляется только обсуждением этих результатов.

Вспышки двух сверхновых звезд в 1572—1574 гг. (описаны Тихо Браге) и в 1604 г. были как бы «небесными знаменами» новых событий. Кеплер в Праге уже написал «Новую астрономию» (1609), считая себя архитектором здания, построенного на великолепном материале наблюдений Тихо. Но только астрономические открытия Галилея позволили почувствовать всю меру реальности коперниканской теории. Если натурфилософские фантазии Бруно или Кампанеллы можно было рассматривать в качестве «вредных» либо курьезных мнений, если, напротив, саму теорию Коперника можно было терпеть, удерживая её в рамках утилитарного гипотетизма, то каждое открытие Галилея — землеподобность Луны, спутники Юпитера, множество невидимых звезд, звездный состав Млечного пути и туманностей — было простой очевидностью, фактом непосредственного наблюдения. Следовательно, время мирного сосуществования двух мировоззрений кончилось, силы (я имею в виду теоретические силы) должны были быть испытаны.

Схоластический аристотелизм, может быть, впервые должен был раскрыть все свои теоретические потенции и «усвоить» новые факты. Равным образом коперниканство должно было выйти из своих укрытий, игнорируя предупреждение Декарта: «Хорошо прожил тот, кто хорошо спрятался», и осознать себя как целостный способ научного мышления.

Почему открытия Галилея были восприняты как сенсационные почти всеми научными кругами? Теологи, мало понимавшие в астрономии, ортодоксальные астрономы Римской коллегии, астрономы-профессионалы (как перипатетики, так и коперниканцы), иезуит Клавий, один из лучших математиков Европы, Маджанин, и его кружок в Болонье, искусственный в новшествах Кеплер — все были в равной степени потрясены. Одни, созная всю очевидность свидетельства, другие — всю их немыслимость, невозможность; одни, считая, что наконец-то высказалась «сама природа», другие, что люди пали жертвой иллюзии и легковерия. Важнейший опыт, который приобрел сам Галилей, бывший,

естественно, средоточием всех событий, состоял в выяснении природы эмпирического свидетельства, факта.

Галилей рассматривал «Звездный вестник» не только как информацию, но, в первую очередь, как новое и очевидное свидетельство в пользу коперниканской системы. Только в этом качестве его наблюдения приобретали значение полновесного теоретического факта. Они выступали в точке противоборства двух теоретических систем и наполнялись содержанием, раскрывали свое значение, становились фактами по мере развития этого противоборства. Многое (например, фазы Венеры) Галилей нашел потому, что искал и был заранее уверен, что найдет.

Но это внутреннее теоретическое наполнение, казалось бы, простых результатов наблюдения на первых порах ускользало от внимания Галилея. Он выставляет свои «аргументы» вполне в духе времени, как авторитетные свидетельства, как авторитет самой природы и чувственного опыта против авторитета философской традиции и текста. «... В наш век, — уверяет Сальвати, — есть такие новые обстоятельства и наблюдения, которые, я в этомнисколько не сомневаюсь, заставили бы Аристотеля, если бы он жил в наше время, переменить свое мнение»⁹.

Ведь сам Аристотель и его последователи не раз утверждали, что следует предпочесть чувственный опыт рассуждениям. Но вместе с тем именно его последователи превратили его построенное на доступном ему опыте учение в слепой авторитет, чтобы прикрывать свое невежество высоким именем и традицией. Они не понимают, что, «будь Аристотель таким, каким они его себе воображают, он был бы тугоголовым упрямцем с варварской душой, с волей тирана, считающим всех других глупыми скотами, желающим поставить свои предписания превыше чувств, превыше опыта, превыше самой природы...» (I, 208—209).

Энтузиазм очевидности, который заставил Галилея выступить, обаял его вести спор до конца, тем более что противоположная сторона обладала всеми преимуществами единой, всесторонне связанной, глубоко обоснованной и непосредственно достоверной системы. Наивная форма фактического свидетельства, в которой новая наука выступила на всеобщее обозрение, прежде всего на толкнулась на наивную форму авторитета; сомнительные факты, хотя они и имеют непосредственно теоретическое значение, поскользнулись на чистое теоретическое небо Аристотеля, не могут потрясти прочное здание науки, развитое и укрепленное на протяжении двух тысяч лет лучшими умами. Даже если оставить в стороне авторитет Святого Писания, церковные и узкопрофессиональные интересы, новые открытия не могли не вызвать сомнений.

Аристотелевская доктрина успела превратиться в своеобразную научную мифологию, т. е. систему, внутри которой можно было и следовало найти место любому знанию и любой самой важной проблеме. «К кому мы будем прибегать для разрешения

наших споров, если опрокидывается троп Аристотеля?.. — задает Галилей вопрос от лица традиционных ученых, — какой другой философ изложил все разделы философии природы и притом так последовательно, не пропуская ни одного частного вывода? (I, 154). Поэтому «школьная», или «вульгарная философия», быденное сознание тогдашней учености, полагала, что следует лишь заново привести известные аргументы, остроумнее сопоставить тексты и разоблачить модернистские увлечения как старые ошибки, произведшие шум по недоразумению.

Когда в 1623 г., после вступления на церковный престол папы Урбана VIII, Галилей публикует «Пробранные весы», а в 1624 г. — «Послание к Иггиоли», — эти программные работы, предвещающие основной труд его жизни, — он уже ясно осознает принципиальное методологическое отличие новой науки от авторитарной системы средневековой учености. «...В вопросах естественных, — пишет он Иггиоли, — авторитет человека не имеет никакого значения, вы же, как юрист, хотите извлечь из его большие капиталы; однако природа, синьор мой, насмехается над решениями и повелениями князей, императоров и монархов, и по их требованиям она не изменяла бы ни на йоту свои законы и положения. Аристотель был человек: он смотрел глазами, слушал ушами, рассуждал мозгом; также и я — человек, я смотрю глазами и вижу гораздо больше того, что видел он; а что касается рассуждений, то верю, что рассуждал он о большем числе предметов, чем я, но лучше или хуже меня, по вопросам, о которых мы рассуждали оба, это будет видно по нашим доводам, а вовсе не по нашим авторитетам» (I, 77).

Этот антиавторитаризм новой науки составляет ее характернейшую черту. Однако он отнюдь не сводится к наивно-эмпирической фальсификации наивно-догматических предсуждений, к которой часто сводят весь процесс возникновения новой науки. Столкновение факта и авторитета есть начальный и совершенно внешний момент, который ходом событий постепенно оттесняется на периферию, раскрывая глубину действительных противоречий. Реакция наивного авторитаризма, указывающего лишь, что факт противоречит утверждению классика, сопровождается также и более серьезным отношением¹⁰.

Авторитет есть прежде всего форма мышления, теоретически образованного, воспитанного, хорошо встроенного в вековую интеллектуальную традицию. Он имеет преимущество искушенности и тонкости против варварских поводов грубого эмпиризма. Поэтому, прежде, чем допустить фактам судить себя, традиционное мышление имеет привилегию испытать истинность и реальность самих фактов. Традиционная наука может поставить любое наблюдение по меньшей мере под три критических вопроса:¹¹

1) соответствует ли указываемой видимости нечто реально видимое?

2) если да, то такова ли эта реальность, как нам говорят?

3) если такова, то такова ли ее значение для нашей теории, какое ей приписывают?

Критика самого процесса наблюдения и его истолкования противодействует непосредственно фальсифицирующей силе наблюдения¹².

Такого рода размышления и исследования не были редки в эту эпоху оживленнейших астрономических наблюдений¹³. Поэтому ничего удивительного нет в том, что под подозрение был взят основной инструмент, с помощью которого с неба были получены новые сведения.

Дело в том, что с самого начала (XIII в.) линзы воспринимались как инструмент, явным образом *искажающий* предмет, не дающий его увидеть в его истинном виде. Их часто называли «обманчивыми»¹⁴. Васко Ронки — крупнейший специалист в области истории оптики — пишет: «...Отношение философов к линзам в средние века выражало всеобщее глубокое убежденное недоверие как к проблеме зрения в целом, так и к проблеме наблюдения предметов при помощи оптических приборов»¹⁵. «Оптические иллюзии» были традиционнейшим примером обманчивости чувств.

Только в 1604 г. Кеплер опубликовал свои «Дополнения к Вителю», в которых были заложены основы современной геометрической оптики. Однако труд прошел незамеченным. Галилей наладившая свою трубу наушцу. Дело осложнялось тем, что Галилей фактически был единственным обладателем зрительной трубы таких высоких качеств, до которых ему удалось ее довести. Наблюдатели, использовавшие обычные («голландские») трубы, просто ничего не видели.

Чтобы убедить научный мир в подлинности наблюдений, Галилей сам проводил наблюдения в присутствии других и разъяснял им, как пользоваться трубой. Но даже и в таких случаях часто бывали неудачи. В ночь с 24 на 25 апреля 1610 г. Галилей демонстрировал свой телескоп кружку Маджини в Болонье. Маджини пишет об этом Кеплеру: «Он ничего не добился; присутствовало более двадцати высокоученых мужей, но никто достаточно хорошо не видел (*nemo perfecte vidit*) новых планет; ему будет трудно сохранить их»¹⁶. Позже, ознакомившись с другими «опровержениями» галилеевых наблюдений, Маджини писал Кеплеру (который сразу же поддержал Галилея, даже не имея возможности провести соответствующие наблюдения): «Теперь остается только этих четырех прислужников Юпитера изгнать и уничтожить»¹⁷. Известно, что многие, например, философ Падуанского университета Кремонини, вообще отказывались смотреть в телескоп, убежденные в зрительном обмане.

Чех Мартин Горкий, пожалуй, первым печатно объявил Медичейские планеты оптическими иллюзиями, результатами преломлений и отражений в зрительной трубе. В 1611 г. в своей книге «Астрономические, оптические и физические размышления» фло-

рентиец Франческо Сицци, резко порицающий Горкого за несерьезный тон и полное невежество в математике, считает тем не менее, что Медичейские планеты суть не что иное, как эффекты, произведенные стеклами¹⁸. В «Диалогах», в конце Второго дня, когда Сагредо впервые упоминает Медичейские звезды, приводя их движение в качестве аргумента против тезиса философа, цитируемого Симплицио, следует ответ: «Автор будет отвергать все это, как обман зрения, причиняемый стеклами телескопа». «О это было бы чудесно», — восклицает Сагредо. — Утверждая, что невооруженный глаз не может ошибиться в суждении о прямом движении падающих тяжелых тел, он хочет, чтобы теперь произошли ошибки в восприятии других движений, после того, как его зрительная способность оказывается усовершенствованной и возрастает в тридцать раз» (I, 361).

Однако подобного рода возражения быстро теряли всякую силу по мере того, как ученые получали возможность производить достаточно хорошие телескопические наблюдения. Окончательная победа в признании реальности четырех спутников Юпитера была одержана, когда Христофор Клавий, главный астроном Римской коллегии, признал достоверность наблюдений, а самому Галилею в результате колоссальной работы удалось вычислить приблизительные периоды обращения спутников Юпитера.

Дело тем не менее отнюдь не было решено. Соглашаясь принять реальность и очевидность новых фактов, традиционная теория отрицала придаваемый им теоретический смысл. Теория вкрадывается в факт уже с первых шагов, с того момента, когда наблюдатель начинает формировать единый объект наблюдения, определенным образом объясняя и синтезируя совокупность наблюдаемых явлений.

Основной философской и теоретической идеей, которая вдохновляла Галилея в процессе наблюдения неба, было уничтожение «лунной грани», фундаментального различия перипатетической физики, — различия между неизменным, идеальным теоретическим небом и подлунным миром возникновения и уничтожения, миром неуловимой изменчивости, миром эмпирической физики элементарных стихий. Во всех этих астрономических наблюдениях речь шла не просто о «новых фактах», об описании явлений и признании инструментальных наблюдений. *Идеей* всего спора как с той, так и с другой стороны была «лунная грань». Поэтому в конечном счете решающим было не признание или отвержение наблюдений Галилея и даже не то или иное частное их истолкование. Важно было лишь решение вопроса: не представляют ли собой наблюдаемые эффекты явления *подлунного* мира и изменения в нем. Вопрос, следовательно, шел о том, что мы на самом деле видим, и не мог быть решен простым лишь «вглядыванием» в явления. Эти наблюдения *становились научными фактами* по мере того, как они втягивались в фокус противоречия между двумя фундаментальными теоретиче-

скими системами. Сам процесс обсуждения, интерпретации и втягивания в этот решающий спор был по отношению к наблюдениям продуктивной работой, в которой эти — первоначально лишь «возвещенные» — наблюдения впервые становились действительными научными фактами.

В Третьем дне «Диалогов» мы можем подробно проследить, какие тонкие и сложные теоретические системы, касающиеся учения о перспективе, геометрической оптике, физиологии зрения, какие отвлеченные соображения искусственного геометра и астронома необходимы Галилею, чтобы *сформировать* из неопределенного материала наблюдений «объективный астрономический факт». Ниже мы дадим несколько примеров этой конструктивной деятельности Галилея в области астрономических явлений, в области, казалось бы, чистых наблюдений.

Первые столкновения на этой почве произошли по вопросу о «землеподобии» Луны и затем — на более серьезном уровне — в знаменитом споре с патером Шайнером (Апеллесом) о пятнах на Солнце.

Убеждение перипатетической астрономии относительно Луны состояло в том, что это сферическое, совершенно гладкое и чистое, как зеркало, тело, непрозрачное, прочное и как бы отшлифованное. «Те же явления, — разъясняет Симплицио, — которые мы называем горами, скалами, плотинами, долинами и т. д., все это — иллюзии; и мне приходилось слышать на публичных диспутах, как храбро поддерживалось против этих изобретателей почтенное мнение, что подобные явления вызываются неодинаковой прозрачностью частей, из которых состоит внутри и снаружи Луна. Мы часто видим подобное этому в стекле, в янтаре и во многих драгоценных камнях, в совершенстве отшлифованных...» (I, 167—168). Здесь поистине различие доходит до того, что люди по-разному видят, как, например, на одном и том же рисунке можно увидеть вазу или два обращенных друг к другу профиля. Когда же Сальвати с помощью искусно придуманного опыта показывает Симплицио, что сферическая зеркальная поверхность должна производить совершенно иную видимость, то он уже допускает некую предпосылку, которую мог бы отвергнуть Симплицио, обладая он чуть большим остроумием. А именно, Сальвати допустил, что явления, происходящие на Земле, в земных условиях, могут служить *моделью* небесных явлений. Но именно это убеждение, которое для Галилея было исходным и определяющим, позволило ему включить всю изобретательность его физического мышления в конструирование и, следовательно, понимание небесных явлений.

«Перед моими глазами, — говорит он, — раскрывается совершенно противоположное тому, что перед вашими (I, 90), и дело, значит, не просто в том, чтобы заставить людей видеть, но чтобы показать им то, что видит сам Галилей. Сложная работа изменения самого видения должна опосредовать «непосредствен-

ность» наблюдения, прежде чем оно станет свидетельством нового знания. Прежде чем факт начнет убедительно, очевидно, упираться свидетельствовать, он должен быть понят как «крепкий узел» (I, 471) *теоретических отношений*. Простой факт должен пройти многообразный искус, в котором он освобождается от иллюзий в иллюзорности, в нереальности, в котором строго определяется, о чем, собственно, свидетельствует этот факт. И только после этой работы, исполняемой *теоретическим разумом*, непосредственное чувственное наблюдение становится объективным, не зависящим от субъективных качеств *фактом*. Парадокс заключается в том, что факт приобретает значение объективности по мере того, как он включается в ту самую теоретическую систему, для подтверждения которой он привлекался, и за борьбой факта и авторитета вскрывается борьба двух теоретических систем. Ведь то, что является доказательным в системе Коперника, может оказаться совершенно бездоказательным в системе Птолемея (I, 64).

Рассмотрим теперь историю с исследованием солнечных пятен.

Весной 1612 г. вышла книга Галилея «Рассуждения о телах, пребывающих в воде», в предисловии к которой он кратко сообщает о своих астрономических наблюдениях за прошедшие два года. Здесь он впервые сообщил о пятнах, наблюдаемых на лике Солнца, но сначала дал им осторожное и предположительное толкование. Только в 1613 г. появилась его специальная работа о солнечных пятнах, а в предисловии ко второму изданию «Рассуждений» появилась фраза: «Продолжительные наблюдения убеждают меня в том, что эти пятна суть вестество, связанное с поверхностью солнечного тела; они то появляются на ней в большом количестве, то распыляются, одни — быстрее, другие — медленнее, перемещаясь вместе с обращением Солнца вокруг своей оси, что совершается приблизительно в один лунный месяц, — явление само по себе весьма значительное и еще более важное по своим последствиям» (II, 42; см. также: I, 440) ¹⁹.

В январе 1612 г. в Аугсбурге появились три письма к Марку Вельзеру, подписанные именем Аппелеса и трактовавшие о солнечных пятнах. Автор отрицает, что пятна связаны с телом Солнца. Он принимает гипотезу, что это — уплотнения «небесной материи» или другие твердые и плотные тела, может быть, скопления звезд, движущиеся вокруг Солнца. Может быть, говорит он, между Солнцем и сферами Меркурия и Венеры кружатся еще множество невидимых для нас темных тел подобного рода. Может быть, именно такого рода тела, продолжая Аппеллес, образуют то, что называют спутниками Юпитера ²⁰.

Галилею потребовался почти целый год тщательных и целенаправленных наблюдений, прежде чем он мог выступить во всеоружии доказательств, — год, чтобы превратить совокупность проблематичных наблюдений в *глубоко теоретизированный факт*. «Наб-

людения на Солнце, — пишет Вольвиль, — представляли собой нечто совершенно новое, уклоняющееся от ранее известного и противоречащее господствующим представлениям в гораздо большей мере, чем спутники Юпитера и горы на Луне, а поэтому и истолкование этого нового более, чем для всех предыдущих открытий, нуждалось в самом тщательном исключении многообразных возможностей понимания и объяснения, чтобы искушенный исследователь решился предложить свое объяснение в качестве самого обоснованного» ²¹. 1610—1611 годы научили Галилея необходимости до времени скрывать и замалчивать результаты своих непосредственных наблюдений. В этом был и объективный смысл. Новое могло выступить только будучи со всех сторон защищено, а это значит — включено в систему теоретических, а следовательно, и фактических связей, которые использовали от простого наблюдения, и теперь могли быть указаны.

В своем первом ответе Вельзеру Галилей пишет: «Эти новые открытия, как я надеюсь, должны наилучшим образом помочь мне настроить одну трубу в огромном расстроенном органе нашей философии» ²². Его цель — показать несопоставимость и внутреннюю противоречивость наблюдений Шайнера и установить «истинную» схему явления, для чего он использует все теоретические предпосылки, имеющиеся у него в руках.

Галилей рассчитывает периоды обращения пятен. Он, далее, различает перспективное сокращение размеров пятен и относительное замедление скорости их движения у краев солнечного диска. Он определяет из этого, что диаметр сферы, которой принадлежат пятна, не может превосходить диаметр Солнца более чем на сотую часть.

Поэтому сферу пятен можно интерпретировать как солнечную атмосферу, в которой как бы образуются облака. Вместе с тем из одних только этих наблюдений нельзя было решить, принадлежит ли вращательное движение «атмосферы» также и самому телу Солнца.

Галилей рассматривал эти наблюдения в качестве одного из важнейших аргументов в пользу изменчивости неба. Процессы возникновения и уничтожения тел происходят в «атмосфере» Солнца точно так же, как в ближайшем окружении Земли и на ее поверхности. Центральным звеном этого рассуждения была мысль, что Солнце и его «атмосфера» движутся одним движением. Если бы движение принадлежало первоначально одной «атмосфере», то — как понимает Галилей — оно должно было передаваться самому Солнцу и наоборот. Поскольку же поведение пятен свидетельствует о том, что они принадлежат тонкой и текучей субстанции, которая сама по себе не могла бы иметь столь упорядоченное движение, оно должно изначально принадлежать самому Солнцу, которое и увлекает с собой свою «атмосферу». Но ведь как раз и стоит под вопросом принадлежность пятен сфере Солнца. Ведь теория передачи и сохранения движения пред-

ставляет собой такую мысль, вся неочевидность которой была ясна и самому Галилею.

Патер Шайнер не менее усердно и прилежно наблюдал и описывал поведение пятен, их превращения, изменения их формы²³. Для него все это было фактом. Но фактом, свидетельствующим о том, что они не могут принадлежать Солнцу, что, как бы близка ни была к Солнцу сфера пятен, эта «оболочка» не имеет с Солнцем естественной связи. Тем более, что по мере удаления пятен от солнечного экватора изменяется и форма их траектории и длительность продвижения вдоль солнечного диска.

Суть возражения Галилея не сводится только к тому, что он оспаривает некоторые результаты наблюдений Шайнера. Основное преимущество Галилея — в его конструктивном воображении. Он исполняет за Шайнера его собственную работу и строит ту геометрическую модель движения «сферы пятен», которой удовлетворяют результаты Шайнера, впервые, собственно говоря, делая наблюдения Шайнера действительно доказательными.

Сам же Галилей с самого начала рассматривал солнечные пятна в качестве свидетельств вращения Солнца в полной аналогии с вращением Земли. Облака, переносимые правильным движением Земли и хаотическими движениями ветров, служили ему моделями солнечных пятен (I, 440).

Полного триумфа Галилей достиг, когда ему удалось разработать схему, в которой движения пятен во всем их, по видимости, случайном разнообразии укладывались в строго закономерное движение, превращавшееся просто в видимое движение Солнца. Сальвиати очень живо рассказывает о том, как Академику пришла мысль о прецессионном движении оси собственного вращения Солнца вокруг оси эклиптики и как он немедленно выводит все необходимо следующее из этого явления (I, 441—442).

В. Наблюдение и исследование

Пожалуй, наиболее ярким примером теоретического отношения к наблюдаемым фактам у Галилея в противоположность догматическому эмпиризму является критика, которой Галилей подвергает расчеты положения новых звезд (1572 и 1604 гг). Здесь именно Галилей выступает критиком наблюдений. Используя некоторые элементарные геометрические соображения, он дает такую теорию астрономических наблюдений, которая немедленно отсеивает ложные «наблюдения» и указывает наиболее близкие к истине.

Собеседники разбирают книгу Кьярамонта, который обратался результаты тринадцати наблюдений звезды 1572 г., с тем чтобы доказать, что она принадлежит «сфере стихий». Существенное значение имеет изменение — в зависимости от положения наблюдателя — в природе меридиональной высоты звезды по отноше-

нию к соответствующему приросту полюса. Составив 12 пар из этих 13 наблюдений, Кьярамонта получил 12 показаний за то, что звезда относится к подлунной сфере. Сальвиати начинает с того, что производит отбор наблюдений, отбрасывая явно ошибочные, невозможные, например, те пары, которые дают расходящиеся направление лучей от наблюдателя к звезде. Затем отбираются те пары, которые максимально близко совпадают в определении положения звезды. Поскольку же и здесь остаются расхождения, следует «внести поправки и исправления, наименьшие, какие только возможно, для того, чтобы свести наблюдения из области невозможного в область возможного» (I, 387). При этом снова имеет смысл вернуться к «невозможным» наблюдениям, если только незначительная поправка делает их возможными (мысль, недоступная лаванному эмпиризму) (I, 388). Тут-то и оказывается, что при больших удалениях уже ничтожная поправка переводит звезду из невозможного в возможное положение, тогда как для небольших удалений нужны очень большие поправки, чтобы переместить звезду в более вероятное положение. Поэтому «те наблюдения должны называться более точными и менее ошибочными, которые путем прибавления или отнятия немногих минут возвращают звезду в возможное место, а среди возможных мест истинное местонахождение, надо думать, будет то, вокруг которого группируется наибольшее число расстояний, вычисленных на основе наиболее точных наблюдений» (I, 390—391).

В результате оказывается возможным отобрать пять пар наблюдений, которые все относят звезду чрезвычайно высоко. «...Слишком плохо вооруженным, — заключает Сальвиати, — поднялся этот автор против тех, кто оспаривает неизменность неба, и слишком слабыми средствами пытался он совлечь новую звезду в созвездия Кассиопеи с самых высоких областей в низкие области стихий» (I, 414). Даже проникательный Сагрето, схватывающий все буквально на лету, восклицает в конце третьего дня, посвященного, главным образом, разбору чисто астрономических фактов: «У меня, кажется, голова пойдет кругом от такого клубка хитросплетений, которые, бог весть, могут ли я когда-нибудь распутать» (I 472).

В «Письме, касающемся системы Коперника», Галилей пишет: «Не следует думать, что для того, чтобы усвоить глубокое понятие, которые написаны на карте неба, достаточно воспринять диск Солнца и звезд и посмотреть на их заход и восход, ибо все это открыто лежит перед глазами животных и перед глазами невежественных людей. За всем этим скрываются, однако, столь глубокие тайны и столь возвышенные мысли, что трудны и бдение сотен и сотен проникательнейших умов в процессе тысячелетий исследовательской работы не могут еще проникнуть в них. В результате то, что дает нам одно только чувство зрения, представляет собою как бы ничто по сравнению с чудесами, открываемыми на небе разумом понимающих людей»²⁴.

Наконец, метод Галилея проявляет себя в том, как он справился с одним из наиболее трудных фактов, свидетельствовавших против Коперника, — отсутствием параллакса неподвижных звезд, который должен был быть связан с годовым движением Земли. Здесь впервые стал со всей реальностью вопрос о размерах Вселенной. Уже в послании в Инголи Галилей выступил против «самомнения» «ограниченного и слабого ума», для которого «бессмысленны и бесполезны» огромные пространства между Сатурном и неподвижными звездами. Он отвергает суждение об ограниченном и соответствующем обыденному человеческому представлению мире как суждение непосредственного чувственного опыта.

Так, говорит Галилей, для ощущений червяка был бы небообразим и непонятен мир человеческого опыта. «Что же касается того, что мог бы раскрыть мне рассудок сверх даваемого мне чувствами, — замечает Галилей, — то ни мой разум, ни мои рассуждения не в состоянии остановиться на признании мира либо конечным, либо бесконечным; и поэтому здесь я полагаюсь на то, что в этом отношении установит более высокие науки. Но до тех пор считать слишком большой эту великую громадность мира есть эффект нашего воображения, а не дефект в строе природы» (I, 69).

Таким образом, именно критика непосредственного чувственного опыта и перестройка всей чувственности с тем, чтобы она могла послушно следовать за разумом, открытие «чувства более возвышенного и более совершенного, чем обычное и природное» (I, 423) составляет предпосылку, заложенную в фундаменте новой науки²⁵.

Уничтожение авторитарного критерия истинности предполагает также и отказ от традиционной *меры воображения*, т. е. от непосредственной чувственности обыденного человека. Эксперимент — будь он астрономическим конструированием или физической идеализацией — есть прежде всего критика и как бы нейтрализация обыденной чувственности. *Критика воображения* — перипатетического, механического, классического — становится внутренним элементом новой науки. Увидеть вещи «с точки зрения Вселенной», осознавая привычный способ видеть и понимать как частный, ограниченный, обусловленный, — в этом и состоит замысел «искусственно-изолирующего» эксперимента (в противоположность «естественно-изолирующему» наблюдению античности и если можно так сказать, «сверхъестественно-изолирующему» истолкованию средневековья).

Искусственность не означает здесь выдуманности, приспоспособленности к практическим целям — это воспроизведение ситуации, свободной от случайно-естественных ограничений (например, условно Земного пара), изолирование событий «с точки зрения Вселенной», с точки зрения, которая может существовать только *в уме*.

Равным образом, сама теоретическая система может теперь являть предметом возможной экспериментальной критики, поскольку познание «с точки зрения Вселенной» предполагает также критику фундаментальных идеализаций, которые, собственно, и определили эту «точку зрения». Вселенная в этом смысле выступает как бесконечный и неисчерпаемый предмет познания, предмет возможных, но всегда ограниченных теоретических реконструкций. Между понятием и предметом устанавливается отношение *вазмокритики*. Если понятие формируется, исходя из возможности предмета быть и выглядеть иначе в иных условиях (это и выясняется в эксперименте), и стремится увидеть (мысленно) предмет в «*безусловной*» ситуации, то идея предметности формируется, исходя из принципиальной возможности иной теории, иного понятия. Эксперимент в этом смысле отвечает необходимости одному понятию отставить себя перед лицом предмета от другого возможного понятия.

Новая физика не просто основывается на эксперименте, она мыслит экспериментально. Теоретическая реконструкция предмета явно или неявно, полемически или конструктивно всегда включает в себя возможность иной реконструкции.

То, что для представителей традиционной перипатетической науки было лишь помехой или подтверждением, что только верифицировало или фальсифицировало их доктрину, для новой физики стало предметом возможной теоретической реконструкции. В результате и аристотелевская наука раскрылась для Галилея в ее конструктивно-экспериментальном смысле.

Существенная разница состояла в том, что, например, для Шайнера солнечные пятна были только отдельным фактом, совокупностью наблюдений, которые надо было объяснить в рамках готовой и принципиально неизменной системы. Для Галилея же весь «процесс» разворачивался в контексте диалога между двумя «Главными системами мира», так что любое наблюдение было лишь поводом для конструирования соответствующего явления, а не помехой, которую надо было устранить. Галилей рассматривал две возможные конструкции, Шайнер видел на фоне неизменной конструкции только эмпирический факт, который следовало объяснить²⁶.

По существу позиция равновозможности двух теоретических систем при объяснении одного и того же факта несет в себе особое понимание истинности, превосходящее собственно «системные» критерия истины. Впрочем, в «классическую» эпоху это обстоятельство совершенно ускользает от внимания ученых.

Ситуация требовала гораздо более серьезного преобразования самого подхода к предмету и методу теоретизирования, чем, скажем, слепой (пусть и ослепленный ясностью) переход на новые позиции, к чему в «Диалогах» часто склонен Сагредо.

Мы еще неоднократно будем убеждаться, что рассуждение в условиях равной возможности ни в коем случае нельзя рассмат-

ривать как метод, который навязан Галилею внеаучными обстоятельствами. Напротив, именно здесь следует искать важнейший корень новой науки, ее гипотетико-экспериментальную суть.

И именно там, где психологическая убежденность в истине коперниканской системы брала у Галилея верх над логическим экспериментированием с двумя возможными теориями, он допускал грубые натяжки и досадные упущения, из которых, пожалуй, самым крупным было игнорирование кеплеровских исследований. В характеристике коперниканской системы, в Третьем дне (I, 437), неверны почти все ее особенности, приводимые Сальвати для доказательства ее превосходства над птолемеевской. «У Птолемея,— говорит он,— мы находим болезни, у Коперника — лекарство от них». В противоположность неоправданным сложностям Птолемея у Коперника все просто и правильно. Все тела без эпициклов равномерно движутся вокруг собственного центра и одного общего их центра, в котором находится Солнце. И это говорится в то время, когда уже более десяти лет прошло со времени публикации «Новой астрономии» Кеплера. Более того, Галилей прекрасно знает, что Коперник, разработавший не менее сложную, чем у Птолемея²⁷, экцентро-эпициклическую систему, писал: «...Планета в результате равномерного движения центра эпицикла по экцентру и ее собственного равномерного движения в эпицикле описывает окружность не в точности, но только приблизительно»²⁸. Так же обстоит дело с «устранением» третьего движения Земли (прецессия оси) (I, 492) и с тем, что Сальвати считает, будто приписать Солнцу два движения было бы натяжкой и даже невозможностью (I, 449).

В этом случае именно Симплицио, понимание которого к третьему дню заметно выросло, справедливо замечает: «...Если верно, что при предположении такого вращения Солнца и такой орбиты Земли необходимы должны наблюдаться такие-то и такие-то особенности солнечных пятен, то отсюда еще не следует обратного, т. е. что из наблюдений таких особенностей пятен неизбежно надо сделать вывод о движении Земли по окружности и о расположении Солнца в центре зодиака» (I, 446).

Опыт, который для самосознания новой науки имел наибольшее значение, в котором она формировалась не просто как совокупность новых знаний, а как всеобщий способ мышления,— этот опыт она приобрела не столько в процессе астрономических наблюдений, открытия физических законов и разработки механической теории, сколько в результате тщательного движения в условиях равновозможности двух теоретических систем. В этом смысле аристотелевская физика отвергалась не только как физика, но и как определенный способ теоретизирования. И вместе с тем именно поэтому нельзя было ее просто отбросить и перейти к новым представлениям, ибо в таком случае как раз и оставался бы незатронутым догматический авторитаризм мышления, ис-

ключающий саму возможность исследовательского эксперимента, т. е. возможность самой новой науки.

В процессе гипотетического уравнивания двух теорий воздействием подвергался не столько предмет этих теорий («система мира»), сколько сам теоретизирующий субъект. Он учится «хотя бы на время отрешаться от привычного взгляда и проникаться противоположным» (I, 468). Но при этом «привычный взгляд» перестает быть просто привычным и становится таким же точно мысленным экспериментом над миром (возможной конструкцией), каким является первоначально новая теория. В этом вообще один из наиболее существенных моментов «коперниканского мышления». Основным источником преобразования традиционной схемы было, разумеется, не только несоответствие расчетов с наблюдениями, проблемы, связанные с реформой календаря, или «слабость» птолемеической системы. В XV в. она была значительно усовершенствована Пурбахом и Региомонтаном, так что основные противоречия с наблюдениями были устранены. Ничто не мешало разработать еще более совершенную теорию, оставаясь в традиционных рамках, если бы дело шло только об эмпирических проблемах.

Самым серьезным затруднением, которое заставило Коперника предпринять столь революционное преобразование, было, как указывает сам автор, отсутствие именно теоретической целостности в системе Птолемея, противоречие «первоначальным правилам равномерного движения». «Даже главное,— говорит Коперник в посвящении своей книги папе Павлу III,— вид мироздания и известную симметрию между частями одного — они не в состоянии вывести на основании этой теории»²⁹. Отсюда и возникает замысел строить мир на ином фундаменте, исходя из иного принципа, так, чтобы конструктивной идеей была сама теоретическая целостность, т. е. соответствие элементов системы своему началу. «Обдумывая долгое время шаткость переданных нам математических догм,— продолжает Коперник,— касательно взаимного соотношения движений небесных тел, наконец стал я досадовать, что философам, обыкновенно стремящимся к распознаванию даже самых ничтожных вещей, до сих пор еще не удалось с достаточной верностью объяснить ход мировой машины, созданной лучшим и любящим порядок Зодиаком»³⁰.

Переворот Коперника тем самым затрагивал более глубокие пласты, что собственно и составило само событие «коперниканской революции». Оно отнюдь не сводится просто к выдвиганию новой космологической теории. Его тайная сила скрывалась в логическом перевороте. Коперник не только лишил покоя Землю; он сдвинул некую покоящуюся основу мысли. Даже если он выдвигал свою систему в форме математической гипотезы, он тем самым немедленно сводил предшествующую теорию на тот же гипотетический уровень. Традиционное мышление, двигавшееся от устойчивой реальности непосредственно наблюдаемых явлений и

устойчивой достоверности нековой мудрости авторитета (принципов), Коперник ставил в условия нового — «движущегося» мышления. Та историческая ситуация, когда две теоретические системы ставятся на одну доску и происходит анализ самих теоретических принципов, на которых они построены, это неопределенное и, казалось бы, временное положение формирует глубиннейшие основы научного мышления Нового времени. То, что принцип, начало, основание теоретической системы становится возможным предметом рассмотрения внутри самой этой системы, выступает в новой науке в двух формах. Во-первых, на этом основывается ее радикальный антиавторитаризм, или «научная объективность»: *основание теории не может лежать вне теоретического мышления*, т. е. теория должна сама давать себе свои критерии и масштаб теоретической «ясности»³¹. Во-вторых, основание есть то, что в известном смысле и составляет подлинный предмет теории, иными словами ситуация перехода от одной теоретической системы к другой становится элементом каждой теории.

Первый момент раскрывается в процессе, который можно было бы назвать формированием исследовательского эксперимента.

Второй момент, напротив, раскрывает нам мысленно-экспериментальную сущность самого теоретического движения в науке Нового времени.

Теперь, после того как мы несколько забежали вперед и обрисовали тем самым внутреннюю перспективу дальнейшего движения, вернемся снова к Галилею и продолжим вместе с участниками «Диалогов» и «Бесед» анализ нового экспериментально-теоретического мышления.

Но перед тем, как перейти к новому кругу галилеевских размышлений, одно историко-гносеологическое замечание.

История астрономических теорий была основным материалом, в котором черпал свое подтверждение конвенционалистский вариант эмпиризма. Именно на примере того, как астрономы «спасали явления», конвенционализм демонстрировал свое понятие физической теории как математической гипотезы, не выводимой однозначно из наблюдений, но предназначенной для их адекватного описания.

Согласно этой концепции, физическая теория не может быть также и окончательно утверждена в сопоставлении с фактами и по отношению к ним всегда сохраняет характер лишь возможного механизма объяснения. Отбор и предпочтение теорий-гипотез происходит, следовательно, посредством иных способностей, а именно при помощи рассуждения здравого смысла, либо же в метафизическом размышлении, которое расценивается в этом случае как форма всеобщего здравого смысла..

История научного творчества раскрывается при таком подходе как свободная математическая игра и конструирование относи-

тельно произвольных интеллектуальных схем, ограниченное с двух сторон философским и эмпирическим здравым смыслом. Математика дает физической теории ясность, всеобщность и необходимость, но она лишена непосредственной достоверности или реальной истинности. Напротив, обыденное наблюдение вполне достоверно и реально, но спутанно, неопределенно, слепо и случайно³².

Ту ситуацию равновероятности двух астрономических теорий, которую мы только что описали, конвенционалисты часто приводят в качестве иллюстрации своей основной идеи. Они описывают эту ситуацию так, как ее охарактеризовал Осивандер в предисловии к «De revolutionibus» Коперника. Система Коперника есть математическая гипотеза, предназначенная для вычислений и не имеющая никакого отношения к истинной философии. Если же в конечном счете была отобрана именно система Коперника, то это произошло из-за того, что она проще и совершеннее описывает явления, чем система Птолемея. Физика освобождается от метафизики и становится дескриптивной; то, что Бруно, Коперник, Галилей, Декарт, Кеплер обладали не только психологической (на уровне здравого смысла), но и «метафизической» (логико-философской) уверенностью в истинности своего теоретизирования, признается лишь наивностью³³.

На самом деле, достаточно даже беглого просмотра, например, трудов Галилея и Декарта, чтобы стало ясно, насколько более глубоким является тот интеллектуальный процесс, который связан с возникновением новой науки и насколько более глубоко проникают корни феномена, который мы называем физическим знанием. Фактический отказ от философского («метафизического») измерения физического понятия есть отказ от него как от знания, поскольку любое физическое понятие раскрывается как знание только в системе категорий, таких, как всеобщность, необходимость, сущность, причинность, реальность.

Поэтому, говорит Сальвати, — «чистому астроному» достаточно прибегнуть к любой — пусть даже ложной, нелепой и случайной гипотезе, с целью приспособить к движению небесных тел «такие структуры и комбинации кругов, чтобы вычисленные движения по ним соответствовали этим явлениям» (I, 436). Но «астроном-философ», продолжая он, не может удовлетвориться «химерами» «астронома-вычислителя», он озабочен истиной.

Мы уже замечали, что движущим стимулом для Коперника было именно желание привести всю систему в лучшее соответствие с принципом равномерного кругового движения. Сказывалось ли в этом здоровое стремление к простоте или метафизическая любовь к совершенству сферической формы³⁴. Напротив. Ему пришлось преодолеть массу совершенно неслыханных сложностей и вступить на путь изобретения новых сложностей, ему пришлось отказываться от множества метафизических пристрастий и преодолеть самого себя в сомнениях. Понятие же равномерного кругового движения могло быть фундаментальным для всего ко-

перникаства потому, что оно в равной мере было рациональным как для аристотелевской, так и для новой физики. Для последней же оно, сверх того, было тождеством геометрического (круга), астрономического (траектория), физического (движение) и логико-философского (причинность) понятий — тождество, которое и делает понятие новой науки *физическим*.

Для Коперника круговое движение было фундаментальным, потому что оно было причиной самого себя. Принцип космической инерции был тем промежуточным пунктом, в котором происходило преобразование принципа инерции покоя Аристотеля в принцип инерции прямолинейного движения новой физики. Поэтому критика прямолинейного движения как одного из видов фундаментальных движений в аристотелевской физике составляет суть первого нападения Галилея. Оставаясь в рамках аристотелевской космологии, Галилей поэтому стремится доказать принципиальное первенство кругового движения (см. Первый день, I, 129—133). «Кроме покоя и кругового движения,— утверждает Сальвати,— нет ничего, что было бы пригодно для сохранения порядка» (I, 129). Здесь речь идет не о простоте или красоте, а прежде всего о «естественности» космического порядка, т. е. о такой структуре, которая сама не требует причинного объяснения (космическая инерция) и поэтому может служить основанием теоретического объяснения астрономических и физических фактов. Вместе с тем эта критика является по отношению к аристотелевской физике позитивной, так как не отбрасывает ее, а, напротив, стремится привести ее в лучшее соответствие с ее собственными принципами.

Галилей на первых порах вместе с Аристотелем принимает, что круговое движение является «естественным», поскольку в нем нельзя отличить начало от конца, и все точки (места) в нем равноправны. Не значит ли это, делает первый шаг Галилей, что круговое движение, если только отсутствуют внешние препятствия, не нуждается в особом двигателе, в причине? Тогда как любое прямолинейное движение (например, падение камня на землю) всегда является так или иначе результатом (хотя бы предшествующего) насильственного, т. е. нуждающегося в причинно-динамическом объяснении движения.

Именно логически углубленный анализ понятия движения, а не простое описание явлений, привел Коперника к его геометро-кинематической модели и заставил Галилея преобразовать всю физику, создавая физику движущейся Земли.

Заслуга Галилея как раз и состоит в том, что он первый понял весь радикализм коперниканства как способа именно *физического мышления*, влекущего за собой глубокие преобразования также и в философии.

Весь Первый день «Диалогов» посвящен тому, что можно было бы назвать разрушением «лунной грани», уничтожением принципиальной границы между теоретическим небом и эмпириче-

ской землей. Таким образом, первым шагом новой науки было уяснение того, что в небесном и земном движениях действует *один и тот же принцип*. При этом движение самой Земли как планеты стало, как мы увидим, первым фактом и новой земной механики.

Сделав небо изменчивым, доступным эмпирическим наблюдениям, конструируемым и реконструируемым, Галилей вместе с тем внес в земной опыт теоретичность и логическую достоверность, свойственную ранее лишь астрономическим теориям. В результате новая физика конституировалась и как *теория*, явно включившая в собственно теоретическое движение процесс мысленного экспериментирования, и как *метод эксперимента*, т. е. опыта, проводимого одновременно в вещах и в теоретической схеме.

В. Теория против авторитета факта

Апелляция к чистому факту и к беспристрастному наблюдению, обращение к предметному опыту, отказ от голословной полемики и априорных спекуляций — все это и составляет, по мнению многих, характернейшую черту нового научного духа. И действительно, поскольку речь шла не просто о пересмотре тех или иных частных понятий, а об изменении самих оснований интеллектуальной деятельности, под сомнение ставилась вся система предшествующего знания. «Галилей,— говорит Ольшкы,— заставил своих современников понять, что человечество не обладает научной истинной и что последняя является лишь его отдаленной целью; он заменил успокоительное убеждение в существовании уже законченного знания природы волнующим представлением об истине как результате времени, сомнений, прогресса в отдаленном будущем»³⁵. Это настроение выражается в виде скептицизма, сдержанности и строгого смиренно испытующего ума. Галилей не раз высказывался против «дерзостного стремления судить нашим слабым разумом о творениях божих» (I, 462), против решительного суждения о вещах, недоступных теоретическому наблюдению,— суждения, которое «праздно, чтобы не сказать самонадеянно и дерзко» (I, 465)³⁶.

Этот аспект авторитаризма новой науки служит источником концепций, согласно которым именно эмпиризм явился ее начальным принципом. Когда кажется, что знание, сформированное вековой мудростью, рухнуло в целом и человек — простой и павильный — стоит с пустыми руками перед загадочной и невиданной природой,— представляется, что знание «вычитывается» в самих предметах и получается как бы непосредственно из рук самой природы.

И, однако, как раз нафос свободного исследования приводит Галилея к критике непосредственных данных чувственного опыта. Уже в опыте астрономических споров Галилей смог убедить, что наша способность видеть в не меньшей степени опреде-

на нашей способностью суждения и что новый факт становится реальным свидетельством, лишь будучи опосредован определенной теоретической системой, связывающей факты.

В еще большей мере антиэмпиризм новой науки обнаруживается там, где, казалось бы, и должна была развернуться подлинно эмпирическая деятельность наблюдения и обобщения, а именно в области земной физики, в области непосредственно доступных предметов. Именно здесь Галилею пришлось убедиться, что в нашем чувственном опыте мы являемся более всего рабами традиционного образа мысли. В виде довода, суждения, утверждения, правила, закона традиционное мышление существует в форме мысли, т. е. в форме, доступной контролю, контраргументу, гипотетическому контрсуждению и т. д. Но там, где непосредственное чувственное впечатление объединяется с интеллектуальной очевидностью, теорику приходится выступать в парадоксальной роли критика вещей, а не мнений.

Сомневаясь в любой форме очевидности, которая не сформирована им самим, научный дух Нового времени освободился от всех авторитарных очевидностей. Для него перестало быть действительным все, что не могло быть усвоено им как имманентно достоверное. И точно так же, как перестала быть содержательной для новой науки всеобщая истина откровения, составлявшая суть авторитета, для нее исчезла обобщенная истина чувственного «откровения», т. е. истина непосредственного факта, если только она не могла воспроизвести его внутри своего автономного разума.

Когда от изучения полемике, связанной с астрономическими открытиями Галилея, мы переходим к анализу «Диалогов о двух главнейших системах мира», первое, что бросается в глаза, это отношение к эмпирическому факту перипатетика Симплицио и копириканцев Сагредо и Сальвати, отношение, которое как будто изменилось на противоположное. Именно Симплицио выступает здесь «с фактами в руках» и возмущается тем, что копириканцы не жаждут с ними считаться. Ведь не кто иной, как сам Философ, «учит в своей философии, что данные чувственного опыта следует предпочитать любому рассуждению, построенному человеческим умом» (I, 130, 144, 148, 153). А так как мы, обращаясь к Симплицио к Сальвати, «хотите отрицать не только начала наук, но очевидные опыты и даже чувства, то нет никакого сомнения, что вас уже нельзя убедить или освободить от каких бы то ни было предвзятых мнений...» (I, 131).

При этом принцип преэмуционального значения чувственного опыта является для перипатетиков не случайным мнением их здравого смысла, а самим «критерием натуральной философии» (I, 346). «...Если не верить свидетельству чувств,— восклицает Симплицио,— то через какие другие врата можно проникнуть в философию?» (I, 270). Посюду, где Симплицио выдвигает критерий опыта, он для него имеет то же самое значение, что и свидетельство авторитета. Очевидность чувственного опыта, несомнен-

ность традиционных начал и авторитетное свидетельство — вот три кита, на которых держится мир перипатетической философии.

Поэтому результат *воображаемого* опыта, затрагивающий принципы, непосредственно слившиеся с чувственным опытом, вызывает, может быть, даже более сильный протест, чем результат *реальных* наблюдений, колеблющий основы традиционной теоретической структуры (астрономической). Симплицио относительно спокойно рассуждает о фактах, свидетельствующих об изменчивости неба. Но, когда высказывается сомнение в том, действительно ли существуют в природе такие события, как возникновение и уничтожение, добросовестный Симплицио не выдерживает. «Я совершенно не могу заставить себя слушать,— негодует он,— как подвергается сомнению наличие возникновения и разрушения в природе, когда это нечто такое, что мы постоянно имеем перед глазами и о чем Аристотель написал целых две книги. Но если отрицать начала наук и подвергать сомнению очевиднейшие вещи, то можно, кто этого не знает,— доказать что угодно и поддерживать любой парадокс» (I, 138). Здесь обозначены все три столпа: опытное свидетельство, согласие с авторитетом научной традиции («две книги Аристотеля»), соответствие принципам и началам наук (метафизическая обоснованность физического знания). Но, когда наличны философски продуманные начала, определенная культура научного анализа и наглядность чувственного опыта, имеет место целостная научная система, против которой бездейственны единичные наблюдения и случайные рассуждения. Возникновение новой науки связано главным образом с преобразованием всей системы научного мышления, и только в контексте такого преобразования мы сможем понять суть научного эксперимента. Изменение развивалось по всем направлениям. Там, где речь шла о чувственной очевидности, вскрывались априорные интеллектуальные предпосылки. Наоборот, против теоретических очевидностей выдвигались парадоксальные наблюдения и опыты. Причем для Галилея характерно подвергать преобразованию традиционные представления изнутри них самих, оставляя как будто в их собственных рамках и заставляя их действовать друг против друга.

Например, апеллируя к перипатетическому эмпиризму, Галилей с легкостью показывает, что представление о неизменности неба есть только мнение, устоявшееся вследствие *отсутствия* достаточно тщательных, подробных и беспристрастных наблюдений за достаточно длительной промежуток времени. Но отсутствие наблюдений изменений нельзя считать наблюдением отсутствия изменений (I, 146—148). Поэтому «если бы Аристотель мог видеть все новости, открытые на небе, то он не задумался бы изменить свое мнение, исправить свои книги и приблизиться к согласному с чувством учению...» (I, 208). Такие рассуждения заставляют Симплицио обратиться к другому корню научной системы, и он

заявляет: «Аристотель, делая главным своим основанием рассуждение а priori, доказывал необходимость неизменности неба своими естественными принципами, очевидными и ясными; и то же самое он устанавливал после этого а posteriori, путем свидетельств чувств и древних преданий» (I, 148).

И по сей день часто еще видят только эту сторону в деятельности Галилея. То, что он сделал доступным эксперименту неприкосновенное теоретическое небо Аристотеля, означает не только торжество наблюдательной астрономии, но прежде всего глубокое интеллектуальное преобразование. Приблизить посредством астрономических наблюдений небесные явления к условиям земной лаборатории было важным, но не главным делом. Гораздо труднее было освоить астрономический опыт для земной физики. Это предполагало умение произвести весьма трудный мысленный эксперимент — суметь взглянуть на Землю как бы со стороны и увидеть обособленное положение наблюдателя. Этот коренной для развития всей дальнейшей физики эксперимент как раз и составляет основной камень преткновения для того, кто умел теоретизировать только о небе, на земле же умел только индуктивно наблюдать.

Однако Галилей прекрасно понимает, что дело обстоит гораздо сложнее даже и в области астрономии. Он никогда не забывал того, что часто забывают последующие историки, в каком эмпирическом вакууме была создана Коперником его система. Когда на Третий день Сагредо уже настолько проникал ясностью коперниковской системы, что удивляется, почему же это такое древнее и столь хорошо согласующееся с фактами учение «имело в течение тысячи лет так мало последователей, было отвергнуто самим Аристотелем, да и после Коперника влечет жалкое существование» (I, 422), Сальвиати замечает: «Мое удивление сеньор Сагредо, весьма отлично от вашего: вас удивляет, что у пифагорейского учения (так он называет коперниканство. — А. А.) так мало последователей, я же изумляюсь тому, что находятся люди, которые усваивают это учение и следуют ему, и я не могу достаточно надивиться возвышенности мысли тех, которые его приняли и почли за истину; *живоюстью своего ума они произвели такое насилие над собственными чувствами, что смогли предпочесть то, что было продиктовано им разумом, явно противоречащим показаниям чувственного опыта*». Возражения против теории Коперника, продолжает Сальвиати, «столь очевидны и доступны чувствам, что если бы *чувство, более возвышенное и более совершенное*, чем обычное и природное, не объединилось с разумом, то я сильно сомневался, не был бы и я еще противником системы Коперника...» (I, 423—424). (Курсив наш. — А. А.)

Действительно, при жизни Коперника не было известно почти ни одного факта, подтверждавшего его концепцию, зато было множество явно противоречащих ей. Изменения в яркости Марса и Венеры при наименьшем и наибольшем удалении от Земли

были меньше расчетных почти в 10 раз. Нужно было ждать Галилея, чтобы фазы Венеры, предсказываемые теорией, стали наблюдаемым фактом, чтобы Земля перестала быть единственной планетой, снабженной спутником. И еще более двухсот лет потребовалось, чтобы установить параллакс неподвижных звезд. Мы не говорим уже о том, что сам принцип коперниковой системы был связан с радикальной критикой обыденного опыта, это достаточно известно. Уже в 1515 г. Коперник сформулировал основные положения своего учения в рукописи под названием «Малый комментарий». Мы приведем для примера три из них³⁷.

«5. Все движения, замечающиеся у небесной тверди, принадлежат не ей самой, а Земле. Именно Земля с ближайшими к ней стихиями вся вращается в суточном движении вокруг неизменных своих полюсов...»

6. Все замеченные нами у Солнца движения не свойственны ему, а принадлежат Земле и нашей сфере, вместе с которой мы вращаемся вокруг Солнца, как и всякая другая планета; таким образом, Земля имеет несколько движений.

7. Кажущиеся прямые и попятные движения планет принадлежат не им, а Земле».

По-видимому, даже современный читатель легко может представить себе недоумение естествоиспытателей XVI в., которым предлагали принять вместо непосредственно видимых, прекрасно описанных и подсчитанных движений некие неведомые и невидимые, связанные, как казалось, кроме того, с множеством несообразностей и нелепостей в области земной физики³⁸. Когда, например, Сальвиати приводит Симплицию все эти несообразности (до которых сам Симплиций не додумался), то он даже собирается уйти, не слушая дальше ничего, «поскольку, — говорит он, — мне кажется невозможным противостоять столь осязательным опытам; я хотел бы, не слушая ничего другого, остаться при прежнем своем мнении, так как, по моему, будь оно даже ложным, представляется извинительным и придерживается его, раз оно опирается на столь правдоподобные основания...» (I, 231).

Таким образом, Коперник — и это несколько раз подчеркивает Сальвиати — направился единственно доводами разума и формировал свои «ясные и очевидные естественные принципы», вполне доверяясь только велениям собственного разума (I, 423, 430, 434, 466).

И подобно тому, как любую научную догму теоретик новой науки формулировал как аксиоматическое предположение, т. е. потенциально расширяемое основание, так и любой «факт» он допускал к рассмотрению в преобразованном виде, конструируя его и превращая тем самым в экспериментальную ситуацию³⁹.

Это позволяет нам понять на первый взгляд странное замечание Сагредо в самом начале Первого дня. Рассматривая основные черты аристотелевской системы мира, собеседники соглашаются, что Аристотель исходит из мира чувственного и пере-

ходит в мир идеальный (в мир знания). Скорее же замечает, что при этом, не подвергая сомнению мир непосредственной видимости, от него сразу же переходят к построению его плана. «...Можно подумать,— говорит Сегредо, что он (Аристотель.— А. А.) намеренно подтасовывает карты в игре и хочет приладить план к мирозданию, а не построить это здание по указаниям плана» (I, 112). В этом замечании отчетливо выражается противоположность между эмпирическим «обобщением» и экспериментально-теоретическим подходом новой науки. Ее предпосылка состоит в том, что то, что мы видим, может быть не все и не главное (все термины аристотелевой физики предполагают, говорит Сегредо, не только заверченный и ограниченный мир, но даже мир, обитаемый нами, ибо только относительно нас можно абсолютно определить, например, такие понятия, как «верх» и «низ»). Теоретик не должен пассивно принимать (воспринимать) то, что демонстрирует ему окружающая природа. Он должен идти вперед со своими принципами, как с инструментами, и подвергать испытанию все непосредственно palpable, чтобы, исследуя возможно, открыть непосредственно невидную действительность.

Теоретик должен следовать своему «плану» и двигаться, как «с факелом в руке»⁴⁰, по предварительно освещенному пути, не имея вне правил этого плана иных критериев строительства. Пусть Аристотель двигался превосходно и методически, подкрепляя свои рассуждения доказательствами и опытами, но он имел в виду некую конечную цель, «заранее установившуюся в его уме». Следует «попытаться... заложить основной фундамент, более считаясь с правилами строительства» (I, 114—115).

Опираясь на опыт теории относительности, легко видеть «релятивистскую» сущность перехода от аристотелевой к галилеевой физике. Но «релятивизм» позволяет глубже понять и смысл того, что называют экспериментальностью новой физики.

В эксперименте мы ставим предмет и наблюдателя в такие условия, что обнаруживается обусловленность существования предмета и ограниченность наблюдающего понимания. Предмет здесь радикально преобразуется, но не менее радикально изменяется и наблюдатель. Не существующий наблюдаемый предмет важен нам здесь. Экспериментатор ищет «субстанцию» и «закон» — то, что определяет возможность существования предмета и возможность наблюдения вообще (существование, наблюдаемость). Отсюда и возникает впервые способность теории предсказывать, а эксперимента — проверять.

Самый обычный лабораторный эксперимент, в котором, проведя серию испытаний, ученый получает экспериментальную кривую, начинает с разрушения исследуемого предмета, находящего в его естественном состоянии, и кончает переходом к совершенно новому объекту — кривой, на которой все реально существующие предметы и состояния превращены в лишь потенциально существующие точки. Пределы, в которых предметы существуют

«естественно», в которых они могут быть поняты наблюдением и додumаны в нем, для эксперимента — лишь одно из возможных и ничем не примечательных ограничений.

Это — реальное или воображаемое — изобретение в действительности не происходящих, но теоретически возможных (или допустимых), ситуаций, благодаря анализу которых понимается действительная ситуация, составляет, как мы увидим в дальнейшем, основную черту экспериментального мышления Галилея. «Вообразите себе, что Земля больше не существует в мире, что нет больше ни восхода, ни захода Солнца или Луны, нет ни горизонтов, ни меридианов, ни дней, ни ночей...», — предлагает Сальвиати Симпличио, чтобы показать ему относительность движений Луны, Солнца и планет (I, 215). «Чтобы понять, как воздействует на меня то или иное небесное тело», — возражает Сегредо перипатетикам-телеологам, — (если уж ты хочешь, чтоб каждое их действие было направлено на нас), нужно было бы на некоторое время устранить это тело, и о том действии, которое я тогда перестану на себе ощущать, можно было бы сказать, что оно зависит от этой звезды» (I, 462). «...Вы не можете даже на час отрешиться от этого привычного взгляда и проникнуться противоположным», — укоряет Сальвиати Симпличио, — представив себе, что Земля и есть движущееся тело, хотя бы представив это только на такое время, какого окажется достаточным для понимания того, что впоследствии, если эта ложь станет истиной» (I, 468). Можно привести — и мы еще приведем в дальнейшем — множество таких рассуждений, в которых разрушается (а не обобщается) мир непосредственного опыта путем погружения его в мысленный мир воображаемых событий.

Оглянемся теперь назад и попытаемся резюмировать пройденный путь.

То, что первоначально представлялось как победа наблюдения и чистого факта, было лишь частным свидетельством победы нового способа теоретизировать. В своей борьбе с авторитетом факты должны были привлечь такие мощные теоретические силы, что о непосредственном «свидетельствовании» не могло быть и речи. В этой полемике с достаточной полнотой обнаружилась экспериментальная природа новой физики, которая в полную меру раскрывается в области земной физики, где уже перипатетикам приходится отставать очевидность фактического наблюдения против фантазий теоретизирующей мысли.

На протяжении Второго дня, посвященного, главным образом, доказательству суточного вращения Земли, проводится невероятное множество опытов. По существу, кроме особых опытов, приводимых Симпличио в опровержение вращения, и дополнительных опытов, которые предлагает сам Сальвиати, в процессе их обсуждения в дело втягиваются почти неограниченное число явлений, и любое кинематическое событие на Земле может быть рассмотрено в качестве опыта решающего за или против враще-

вия Земли. Однако следует обратить внимание на то, что результат всех этих опытов чисто отрицательный. Они призваны не к тому, чтобы доказать вращение Земли. Сагредо и Сальвати проводят их анализ, с тем чтобы доказать, что они не являются опытами, свидетельствующими против вращения Земли. Работа, проведенная за этот огромный день, состоит всего лишь в нейтрализации доказательной силы опытов, приводимых перипатетиками. Более того, сам предмет, который стремятся «показать» коперниканцы, — суточное вращение Земли — таков, что он в принципе не может быть показан, ибо это движение «как бы не существует, оно оказывается невоспринимаемым, неощутимым, ничем себя не проявляющим...» (I, 270). «...Я теперь чувствую себя удовлетворенным, — говорит Сагредо, — и совершенно убежден в отсутствии всякой ценности всех опытов, приводимых для доказательства большей вероятности отсутствия, чем существования вращении Земли» (I, 287).

И тем не менее, работа была проведена не напрасно. К концу Второго дня (см. также: I, 253 и 371) собеседники не просто вернулись к нулевой неопределенной точке. Нечто изменилось необратимо. Если суточное движение Земли, как и оба других ее движения, нельзя наблюдать, то его теперь можно мыслить. Позитивным результатом Второго дня является то, что суточное движение стало мыслимым. Сагредо заключает первую половину Дня словами: «Я, со своей стороны полностью удовлетворен и прекрасно понимаю, что всякий, кто *запечатлел в своем воображении* (*Курсив наш.* — А. А.) эту причастность суточному движению всех земных вещей, которым оно по природе присуще, точно так же, как в старом представлении предполагалось, что им присущ покой в отношении центра, тот без всякого труда распознает ошибочность и двусмысленность доводов, казавшихся ранее убедительными» (I, 282).

Таков и есть плод реальных и воображаемых опытов Галилея — они научили *воображать невообразимое и мыслить немислимое*.

Теперь нашей темой будет опыт как преобразователь воображения и мышления. Лишь после этого мы сможем точнее высказать природу как теоретического мышления новой физики, так и ее позитивно-конструктивного экспериментирования.

Эксперимент и мышление

А. Сократовская миссия эксперимента

Выдвигая на первый план роль теоретического разума в процессе возникновения новой физики, мы одинаково далеки как от того, чтобы видеть в нем простой результат новых наблюдений или большего доверия опыту, так и от того, чтобы рассматривать этот разум в традиции спекулятивного рационализма. Одна-

ко, вне всякого сомнения, невозможно понять смысл экспериментальной деятельности новой физики, не исследуя ее в контексте радикального преобразования интеллектуальной деятельности. Именно потому для нашей цели особенно важен анализ творчества Галилея, что его «Диалоги» и «Беседы» представляют собой уникальный документ, в котором эксперимент представлен в таком контексте. Здесь перед нами открывается внутренняя, домашняя жизнь физического мышления, развернуть которую перед читателями Галилей и ставил своей задачей. Галилей, может быть, не получил тех «положительных» результатов, которые мог бы получить, либо же не сформулировал их в отчетливом определении. Он, может быть, за счет этого утратил свое место в историко-научном каноне, в котором вес ученого вычислен по его «конкретным результатам». Но если нас в науке интересует не простая добыча «информации», а понимание, формирование понятий, то все самые неинформативные отступления и околичности галилеевских размышлений приобретают глубокий смысл. Вместо информации мы получаем урок мысли и вместе с Симплицио подвергаемся благотворному воздействию умного экспериментирования, освобождаясь при удаче от столь привычного и для нас перипатетического раздвоения на формальный рассудок теории и чувственный критерий опыта.

Ольшки совершенно справедливо замечает, что только современному взгляду аксиомы механики кажутся очевидными и интуитивно ясными. Сами по себе они такой наглядностью не обладают. «Они связаны», — говорил Л. Ольшки, — с трудно доступными наблюдениями и вычислительными процессами, которые должны быть описаны с величайшей обстоятельностью, если желать понять их в их экспериментально констатируемой реальности»⁴¹. Поэтому одной из основных задач Галилея была задача изобретения и истолкования таких уникальных и невообразимых ситуаций, в которых уму и интуиции делались бы внятными эти понятия, — задача, следовательно, в большей степени нацеленная на то, чтобы «формировать умы, а не обучать специалистов»⁴².

Преобразование мысли и воображения, которых требовало «коперниканское мышление», было, может быть, даже более трудным, чем то, которое вызвала в недавнем прошлом теория относительности Эйнштейна. Более трудным потому, что Галилей имел дело не просто с устоявшимися научными представлениями, но с самим здравым смыслом обыденной жизни. Поэтому Галилей часто сетует на «затверделое мышление», которое не способно освободиться от привычных определений (I, 374; 462—463), или на недостаток воображения, неспособного выйти за рамки обыденного опыта и не имеющего другого наставника, кроме традиционных текстов.

Галилею было ясно, что без радикального преобразования всех навыков мышления и границ воображения новая физика не сможет выступить в качестве *реального* теоретического знания.

Сагредо, для которого «коперниканское мышление» приобрело уже черты очевидности и ясности и которого поэтому непосредственные конкретные результаты интересуют в большей степени, чем разбор недоумений Симпличчо, полагает, что доводы Сальвиати очевидны и несокрушимы. Он видит уже, как под их напором трещит по всем швам здание аристотелевской физики, построенное на плохом фундаменте. Новые наблюдения, факты и открытия, уверен Сагредо, приведут к его полному разрушению, какими бы подпорками его ни снабжали. Но мудрый Сальвиати возражает ему. «Нет,— говорит он,— ...пока еще не нужно бояться подобной катастрофы... Совершенно напрасно было бы думать, что можно ввести новую философию, лишь опровергнув того или иного автора: сначала нужно научиться переделывать мозг людей» (I, 155). Да и сами персонажи — Симпличчо, Сальвиати, Сагредо, присутствующий за кадром Академик — введены, конечно, не для простой драматизации. Они представляют собой именно образы умов, преобразуемых в процессе рассуждений и экспериментирования⁴³.

Этот смысл рассуждений и экспериментов, проводимых в «Диалогах» и «Беседах», эта целенаправленность, которую Олшкы называет «сократовской миссией» Галилея⁴⁴, как и сама диалогическая форма этих произведений, часто недооценивается историками науки и сводится к литературно-популярizaторскому приему. Между тем этот метод (сократический диалог) используется Галилеем настойчиво и вполне сознательно.

К моменту создания главного труда Галилей уже вполне осознавал глубочайший логический (а не только методологический) смысл диалогической формы и «майевтического» метода ведения беседы⁴⁵.

Известно, что в «Теэтете» Сократ называет себя учеником повивальной бабки Фенареты и свое искусство ставить вопросы и помогать собеседнику разродиться мыслью сравнивает с повивальным искусством. Это — существенная черта философского мышления, которое не выставляет свои истины как догмы, не вещает их как откровения, а лишь как доводит то мышление и понимание, которыми человек уже располагает, до такого состояния, когда собеседник находит нужную мысль как свою собственную, «припоминает» ее, как говорил Сократ.

Сократизм новой физики должен был не только испытать заново и в новом свете все старые вещи, не только растворить всякую внешнюю мышлению — авторитарную — истину в потоке самообновляющегося картезианского мышления, он не мог этого сделать, не преобразуя реального обладателя этих вещей и носителя этих истин — самого мыслящего субъекта.

С первых реплик «Диалога» появляется эта «сократическая» тема. Докзательство наличия трех измерений пространства не только доступно пониманию, говорит Сальвиати, «оно, кроме того, уже известно вам, хотя, может быть, вы не отдавали себе

в этом отчета» (I, 108; см. также 67—70). Сальвиати редко когда сомневается в том, что ему удастся привести участника беседы к той же самой уверенности в чем-либо, какой обладает он сам (I, 118), и иногда даже высказывает шуточное подозрение, что Симпличчо или Сагредо уже давно все поняли и только притворяются, чтобы померяться над ним (I, 121; 244; 475). Во всяком случае он всегда готов напомнить им то, что они «и без него знают» (I, 188; 235; 244) или же на худой конец «вырвать ответ изо рта» (I, 180; 349). Иногда эта манера даже раздражает доброго Симпличчо. Так, когда Сальвиати собирается «проникнуть в суть рассуждений» Симпличчо и сообщить ему истинную причину, в силу которой он считает Землю неспособной освещать, Симпличчо возмущенно говорит: «Хорошо или плохо я рассуждаю, это, может быть, вы знаете лучше меня; но, хорошо ли, плохо ли я рассуждаю, я никогда не поверю, чтобы вы могли лучше меня проникнуть в суть моих рассуждений». «И все же и вас заставлю этому поверить», — отвечает Сальвиати (I, 186). Когда Сагредо утверждает, будто может доказать, что вращающийся диск, ударившись о землю, может не только не замедлится, но, напротив, ускорить свое движение, Симпличчо восклицает, что, если Сагредо его в этом убедит, то будет великим демоном. «Но демоном Сократа, а не демоном ада», — отвечает Сагредо. — ...Я же вам говорю, что если кто-либо не знает истины сам от себя, невозможно, чтобы другие заставили его это узнать; я могу прекрасно учить вас вещам, которые ни истинны, ни ложны, но то, что истинно, т. е. необходимо, чему невозможно быть иным, — это каждый заурядный ум знает сам по себе или же невозможно, чтобы он это вообще узнал» (I, 257). Сократовская майевтика возможна, следовательно, потому, что при этом открывается или формируется необходимое знание, т. е. мышление открывает в себе новое логическое измерение, в архитектонике разума пробуждается (вспоминается) новая, дремавшая (забытая) до тех пор возможность. Это означает, что новое знание, развернутое в ситуации сократического диалога, не просто «предполагается» или «внушается» слушателю, но обнаруживается как раскрытые возможности его собственного мышления, т. е. выступает для него не авторитетно приказанным, а имманентно доказанным. В сократическом диалоге мышление собеседника формируется, а не информируется.

Наконец в начале Третьего дня на просьбу Симпличчо начать для него систему Коперника Сальвиати отвечает: «Пусть будет так; для большего вашего удовлетворения и вместе с тем удивления я хочу, чтобы вы сами его парисовали и увидели, что вы прекрасно понимаете эту структуру, хотя и думаете, что не поняли... Итак, возьмите бумагу и циркуль, пусть этот белый лист будет огромным пространством вселенной, на котором вы должны расположить и привести в порядок части вселенной так, как это вам продиктует разум» (I, 418)⁴⁶ — имеется в виду собственный разум перипатетика Симпличчо, который будет диктовать

ему теперь структуру коперниканской системы. Так, мы обнаруживаем работу принципа соответствия при возникновении новой физики, а также и сократический смысл самого принципа соответствия.

Эксперимент в этом контексте понимается как способ, которым, преобразуя вещи и предметы (реальные, воображаемые, мысленные), преобразуют прежде всего само мышление. При этом те свойства предмета мышления, в которых зафиксированы интуитивно очевидные предпосылки, подвергаются такому изменению, когда становится ясной эта теоретическая обусловленность предметного опыта (Сальвати не раз указывает Симпличию на то, что в непосредственных для перипатетиков данных опыта «содержатся предположения и предпосылки, которые не так то легко принять» (I, 163) и тогда, когда открывается новая «необходимость» или мысленная очевидность. В результате часто возникает парадоксальная ситуация, когда воображаемый опыт оказывается гораздо продуктивнее реального.

Поскольку в опыте происходит переход от одной необходимости к другой, нечто очевидное разрушается и возникает другая очевидность, то начальная и конечная точки, в которых то, что видит один, заменяется тем, что видит другой, выпадают из рассмотрения. Выясняется, что ни перипатетик, ни коперниканец сами по себе не придают опыту почти никакого значения. Только в процессе спора один или другой апеллируют к предметной достоверности опыта. Достаточно хорошо известно, каких упреков и порицаний заслужил схоластический аристотелизм за то, что он игнорировал экспериментальное подтверждение своих гипотез. Галилей в письме к Инголи строго выговаривает ему: «Когда вам приходят в голову различные опыты, при помощи которых вы могли бы подойти к свету истины, вы вовсе не производите их в действительности, а считаете их сделанными и допускаете, что они говорят в пользу ваших умозаключений» (I, 80). Далее, рассматривая падение камня с мачты движущегося корабля, Галилей ставит под сомнение научную репутацию перипатетиков, потому что, помимо того, что они утверждали нечто противоположное действительности, они еще и подтасовывают, говоря, что видели это на опыте, — «я же произвел этот опыт...» (I, 83). Не следует, однако, принимать это заявление слишком всерьез. Он не переходит к описанию опыта, а замечает, напротив, что уже «естественное рассуждение привело меня к твердому убеждению в том, что из него должно получиться; и мне уже было нетрудно распознать их ошибку...» (там же). Благодаря этому предварительному «естественному рассуждению» Галилей не просто противопоставляет авторитет неопровержимого опыта перипатетическим спекуляциям, он пропикает в «суть их рассуждений» и может найти способ взаимопревращения этих двух типов рассуждений. В результате эксперимент оказывается не простым фальсификатором или верификатором, но таким мысленно-предметным орудием,

при помощи которого и происходит реальное движение теоретической мысли.

В «Диалогах» Сальвати много раз заставляет Симпличию признаться, что тот не проводил сам тех опытов, на которые ссылается. Нет сомнения, впрочем, что если бы собеседники попробовали реально произвести опыты, о которых идет речь, то ни тот, ни другой не смог бы ни подтвердить, ни опровергнуть чью-либо точку зрения, если только перипатетик не остался бы в выигрыше. Ведь для того чтобы опыт Сальвати удался в действительности, надо не только «запечатлеть в своем воображении» неощутимое движение Земли (или импульс, сохраняющийся в теле после того, как оно отсоединилось от двигателя), но и создать «идеальные» условия — абсолютно спокойное море, абсолютно равномерно движущийся по нему корабль, отсутствие ветра и т. д. По существу, описывая каждый раз идеальные условия проведения опыта, Сальвати определяет условие его реальной невыполнимости. Все это говорит о том, что смысл всех опытов, которые «ставят» участники диалога на каждом шагу своих рассуждений, вовсе не в том, чтобы подтвердить или опровергнуть некое положение.

Рассмотрим еще раз опыт с плывущим кораблем, как он изложен в «Диалогах». Любопытно, что здесь, как и в некоторых других случаях, Сальвати сначала как бы отступает перед силой приводимого Симпличию аргумента или опыта. Он движется в перипатетическом видении, чтобы тем глубже было действие противоборствующего движения его мысли. В случае, который мы рассматриваем, например, Сальвати первоначально соглашается с мнением Симпличия, будто артиллерийское ядро, падающее с вершины мачты движущегося корабля, упадет настолько дальше от основания мачты, насколько успеет продвинуться корабль за время падения. И он довольно подробно разъясняет, пользуясь вполне аристотелевскими понятиями движения «по природе» и «по совпадению» (случайного), результат этого «опыта», чтобы нейтрализовать его «фальсификационное» действие.

Находя предмет промежуточный между «природным» движением, присущим телам от «природного» движения Земли, и случайным движением, которым тело движется «по совпадению» с движением корабля, Сальвати задает Симпличию следующий вопрос: «...Что наблюдалось бы, если не глазами во лбу, то очами умственными, когда орел, несомый силой ветра, выпустит из своих когтей камень?» (I, 242). Когда же Симпличию на предложенный Сальвати ответ возражает: «Следовало бы произвести такой опыт, а затем судить по результатам; пока что наблюдения на корабле свидетельствовали в пользу нашего мнения», — Сальвати иронически замечает: «Вы правильно сказали «пока что», потому что вскоре видимость может измениться...» (там же). Далее следует диалог: «Сальвати. Производили ли вы когда-нибудь опыт на корабле?

Симплицио. Я его не производил, но вполне уверен, что те авторы, которые его производили, тщательно его рассмотрели; кроме того, причины различия столь ясны, что не оставляют места для сомнений (т. е. и опыт-то производить не обязательно. — А. А.).

Сальвиати. Возможно, что эти авторы ссылались на опыт, не производя его; вы сами являетесь тому хорошим примером, когда, не производя опыта, объявляете его достоверным... Но всякий, кто его проделает, найдет, что опыт показывает совершенно обратное написанному, а именно, что камень всегда упадет в одно и то же место корабля, неподвижен ли тот или движется с какой угодно скоростью...

Симплицио. Если бы вы отослали меня к иным доводам, а не к опыту, то споры наши, я думаю, окончились бы не так скоро, ибо предмет этот кажется мне столь непостижимым для человеческого разума, что исключается возможность что-либо утверждать или предполагать» (I, 243).

Авторитарный ум Симплицио знает, что против очевидности упрямого факта, против свидетельства опыта не пойдешь, что здесь не помогут пустые рассуждения, хотя незаметно он уже усвоил привычку смотреть не «глазами во лбу, а очами умственных», так что его убеждает не только чувственный опыт, но и опыт, воспроизведенный в воображении. Итак, он готов повиноваться авторитету опыта.

Но мы вместе с Симплицио напрасно ожидаем, что Сальвиати пригласит собеседников на ближайший корабль, чтобы наконец выяснить истину. Сальвиати собирается воспользоваться только рассуждением. Симплицио справедливо сомневается, что можно изменить видимость при помощи рассуждения. «И однако, — продолжает Сальвиати, — я считаю возможным это сделать».

Симплицио. Как же это не проделал ни ста испытаний, ни даже одного, вы выступаете столь решительным образом? Я возвращаюсь к своему неверию и к убеждению, что опыт был произведен первоначальными авторами, которые на него ссылаются, и что он показывает то, что они утверждают» (там же). Далее следуют знаменательные слова Сальвиати: «Я и без опыта уверен, что результат будет такой, какой я вам говорю, так как необходимо, чтобы он последовал; более того, я скажу, что вы и сами также знаете, что не может быть иначе, хотя притворяетесь или делаете вид, будто не знаете этого. Но я достаточно хороший ловец умов и насильно вырву у вас признание» (I, 243—244).

Мы привели этот длинный отрывок, потому что в нем весь путь, который мы прошли, — путь, на котором авторитарный непосредственный опыт открывается как опыт «умных очей». Очевидный факт ставится в связь, при которой он теряет свою очевидность и превращается в экспериментальную ситуацию, разворачивающуюся в контексте перехода от одной мысленной необходимости («причины... столь ясны, что не оставляют места

для сомнения») к другой очевидности и необходимости («результат будет такой... так как необходимо, чтобы он последовал»), — в процессе перехода от одной логики рассуждения к другой. При этом теряется различие между реальным опытом (который говорит о чем-либо только «умным очам», т. е. определенному способу рассуждения) и воображаемым, мысленным опытом (который по своей необходимости должен подтвердиться в реальности). Опыт становится экспериментом, т. е. таким преобразованием предмета мышления, в котором равным образом происходит преобразование самой логики мышления и формирование нового теоретического понятия.

Понятно в связи с этим, почему сразу же за этим диалогом следует знаменитый мысленный эксперимент Сальвиати, в котором формируется фундаментальное понятие «инерции движения», данное в виде локального принципа инерции (движение по плоскости, параллельной плоскости Земли)⁴⁷.

Сальвиати просит Симплицио представить себе гладкую, как зеркало, и твердую, как сталь, плоскость, наклоненную к горизонту, на которой находится совершенно круглый шар из весьма твердого и тяжелого вещества, например, из бронзы. Устранив таким образом «случайные помехи», связанные с телами, Сальвиати предлагает отвечать от сопротивления воздуха и «всех случайных помех, какие могут встретиться» (I, 245). Симплицио понимает, что естественное движение шара вниз по наклонной плоскости было бы ускоренным, тогда как насильственное движение вверх — замедленным и могущим происходить только в силу «переданного ему импульса». Он понимает также (имеется в виду, что это пока не выходит за рамки традиционного способа понимания), что чем меньше угол наклона плоскости, тем большее расстояние может при равных начальных импульсах пройти вдоль нее движущийся вверх шар. На горизонтальной плоскости, говорит Симплицио, «тело оказалось бы безразличным по отношению как к склоности к движению, так и противодействию ему» (I, 246). И если придать телу импульс движения... — подталкивает его Сальвиати. Тогда, отвечает Симплицио, тело будет равномерно двигаться по плоскости «столь долго, сколь велика длина такой поверхности без спуска и подъема». Итак, рассуждая по-аристотелевски, Симплицио неожиданно для себя пришел к выводу, что причина нужна только для ускорения или замедления движения, но не для самого равномерного движения по плоскости, одинаково отстоящей от центра Земли, поскольку такое движение не является ни естественным, ни насильственным⁴⁸.

После этого эксперимента уже легко разобрать мысленный опыт с кораблем, движущимся равномерно по гладкой и концентричной поверхности Земли — морю, ибо «умным очам» Симплицио открылось движение, «вложенное» движением корабля в камень, находящийся на вершине его мачты. Он может это открыть, ибо это движение было вложено также и в него самого

в процессе того преобразования, которому подверглось аристотелевское падение камня на галилеевских наклонных плоскостях.

Благодаря такому ходу мысли, яснее видна связь между принципом инерции и принципом относительности. Простое «моделирование» движения Земли (движущаяся тележка, скачущая лошадь, плывущий корабль) еще не создает такого явления, которое могло бы быть иллюстрацией принципа относительности. Каждый раз необходимо открыть особый «механизм», посредством которого в брошенное тело вкладывается дополнительный импульс, связанный с движением бросающего тела. Сводя в экспериментах с наклонными плоскостями все многообразные помехи и препятствия движению к единственному и контролируемому фактору — углу наклона, Галилей формулирует основной закон «механизма» передачи импульса — закон сохранения импульса. Проводя только что описанный эксперимент, Галилей открывает принцип, лежащий в основе этого закона, хотя непосредственно из него и не следующий, — это более общий принцип инерции движения. Наконец, лишь после того, как этот принцип «запечатлелся в воображении» и Симпличчо может уже представить себе инерциальные движение как равномерное движение корабля по абсолютно гладкой поверхности моря, можно сформулировать для такого движения принцип относительности, а именно утверждение о независимости всех физических законов системы от движения, в котором она участвует, если только это движение инерциально. Поэтому сразу же вслед за этим экспериментом следует знаменитое описание мысленного эксперимента, иллюстрирующего галилеевский принцип относительности¹⁹.

В дальнейшем эта «сократовская миссия» эксперимента выступит для нас еще конкретнее. В противоположность мнению эмпирической гносеологии, теоретическое творчество новой науки не вступает в контакт с «миром опыта» лишь в начале и в конце своей автономной деятельности. Эта видимость, давно уже заподозренная в своей очевидности, происходит скорее от того, что классическая физика так органически усвоила метод сократического эксперимента, что перестала даже ощущать его присутствие в своей деятельности и часто не замечает экспериментальную сущность своих теоретических понятий и образов.

Однако, рассматривая эксперимент в контексте логико-теоретического движения, рассматривая его предметно-преобразующий аспект с целью открыть в нем движение и преобразование мысли, мы должны обратить наше внимание также и на противоположный момент, связанный с противодвижением научной мысли от теоретической необходимости к предметной достоверности. Нам казалась полезным сначала исследовать то измерение эксперимента, которое связано с преобразованием мысли, поскольку лишь после такого анализа можно будет под верным углом зрения рассмотреть и предметную сторону эксперимента.

С иной точки зрения раскрывается при этом и сама фигура

Симпличчо. Мы находим за спиной Симпличчо тот мир основательности, мудрости и предметной достоверности, по отношению к которому всякое одинокое стоящее знание было лишь легкой веселой химерой и фантазией праздного ума. Поэтому, вкладывая столько сердца и энергии в свои споры, двигаясь постоянно по максимально трудному пути и ввяз в непрерывные оппоненты своим размышлениям «настока Аристотеля» Симпличчо, Галилей отнюдь не стремится быть лишь проповедником и пропагандистом нового учения. Преобразуя мышление Симпличчо и испытывая крепость коперианства в столкновении его с целокупным мышлением традиции, он не только превращал его в равнооппозитное цельное философско-физическое мышление, он находил его «спящим» в самой сути предшествующего мышления. И тем самым, в процессе своего подвижнического труда Галилей осваивал для новой науки все основательность, мудрость и предметность традиционной научной мысли. Так, диалог с يناкормыслящими превращался в форму беседы с природой. А эксперимент, преобразующий мышление, оказывался способом преобразования и формирования *нового предмета* мышления.

Ученик и один из первых биографов Галилея Вивини пишет: «По поводу спора о плавании тел Галилей любил говорить, что нет более мудрого и усердного наставника, чем невежество; действительно, благодаря этому наставнику ему удалось добиться многих остроумных результатов и подтвердить их новыми и точными опытами, чтобы поспеть за невежеством противников, между тем как вряд ли бы он занимался ими для того только, чтобы удовлетворить свою любознательность»²⁰. За этим шутильничаньем замечанием кроется серьезная мысль. На той начальной стадии развития новой науки, на которой находился Галилей, когда еще не были выработаны приемы систематического исследования и интуитивная конструктивность научной мысли не была обеспечена никакими всеобщими теоретическими представлениями (вроде классической механики), она могла развиваться, только как бы приживляясь в разных точках к традиционной системе, обладавшей, как мы уже говорили, всем миром научной предметности.

Спор с перипатетиками заменил Галилею то, что в дальнейшем войдет в пределы самой новой науки: нахождение предмета или формирование его посредством преобразования традиционного предмета, развитие понятия о предмете в отыскании различных направлений исследования, наконец даже саму процедуру доказательств и обоснования. Правда, с первых же шагов новой науки она обнаружила в самой себе огромные и неведомые до тех пор логические возможности, так что быстро расширила свои предметный мир и выработала свои собственные основания и критерии. Но период первоначального формирования и роста не мог проходить в вакууме. Так и в «Диалогах». Уже Сальвати может привести «против себя» гораздо больше возражений и наблюдений, чем их приводит перипатетизм, уже в механике и матема-

тике он имеет огромную область, недоступных для перипатетизма представлений, уже есть «свой человек» — Сагредо, для которого требуется более сложное и строгое доказательство, — но Симплицио тем не менее играет едва ли не центральную роль (особенно в «Диалогах»). И коперниканство раскрывается как всеобщее физикотеоретическое мышление в той мере, в какой оно оказывается способным преобразовать мысль Симплицио, его способ обобщения, мир его опытов и наблюдений.

В полном согласии с «принципом соответствия» новая наука возникла так, что осознавала логичность и законность своих построений в той мере, в какой могла — пусть путем преобразования и самого радикального изменения — установить свое родство и преемственность с аристотелевским мышлением, в котором к тому времени слились черты античной и средневековой науки.

Так расширяется контекст, в котором мы намерены анализировать феномен эксперимента в науке Нового времени. Мы рассмотрели момент, связанный с преобразованием мышления в процессе эксперимента. Теперь обратим внимание на предметно-преобразовательную деятельность в эксперименте.

Б. Эксперимент как формирование нового предмета

Мы уже говорили, что коперниканское мышление парадоксальным образом должно было быть не только критиком мнений и теорий, но и критиком самих «вещей». В том аспекте, о котором мы только что говорили, эксперимент можно было бы охарактеризовать как проверку существующих научных мнений или «естественных» понятий на способность мыслить новый предмет, и задача экспериментирования состояла в том, чтобы на примере обычных процессов и обыденных вещей, поставленных в особые (предельные) условия, изменить понятия и навыки мышления. Но этот аспект совмещается с другим, который выступает на первый план по мере того, как новая наука начинает действовать самостоятельно. Эксперимент при этом оказывается проверкой самого предмета на способность быть предметом исследования. Его цель в этом случае заключается в том, чтобы найти среди «естественных» предметов тот, который понятие может осознать как существенный, либо же сформировать такой предмет в «искусственных» условиях. Разумеется, преобразовать сознание можно лишь в той мере, в какой я вовлекаю его в преобразование предмета, и, напротив, всякое преобразование предмета формирует и новое понятие о нем — это, собственно, и составляет содержание эксперимента. Но важно выделить эти два процесса в едином акте эксперимента.

Наличие этих двух аспектов превращает эксперимент в некий парадокс, если рассматривать его как средство верификации или фальсификации. Когда я собираюсь на опыте подтвердить свою теоретическую концепцию, оказывается, что подтверждающей она

является уже не для того сознания, которое требовало подтверждений. Наоборот, когда я хочу испытать свою теорию, сталкивая ее с предметом, оказывается, что теория схватывает этот предмет и преобразует его по своим канонам⁵⁴. Попытаемся разобраться в этом подробнее.

«Кто же настолько слеп,— восклицает Симплицио в начале Первого дня,— чтобы не видеть, как части Земли и воды движутся, будучи тяжелыми, естественным образом вниз, т. е. по направлению к центру Вселенной. ...Кто не видит равным образом, что огонь и воздух движутся прямо вверх по направлению к лунной орбите, естественному конечному пункту движения *sursum*» (I, 130). «...Если вы не видите,— недоумевает он,— как ежедневно рождаются и разрушаются травы, деревья, животные, то что же вы видите? Как не замечаете вы постоянной борьбы противоположностей, не видите, что земля превращается в воду, вода превращается в воздух, воздух в огонь и снова воздух уплотняется в облако, в дождь, в град и грозу» (I, 139). И тем не менее Сальвати и Сагредо готовы отрицать наличие таких вещей и событий, ибо у них иная *точка зрения*, с которой перед их глазами раскрывается совершенно противоположное тому, что перед глазами перипатетиков (I, 90).

С этой точки зрения им видно, что то, что имеет для Симплицио статус предмета, несет в себе теоретические «предпосылки, которые не так-то легко принять» (I, 136) и, что при перемене предпосылок видимость должна решительно измениться. Теория раскрывается не просто как теория о предмете, но как «форма» (теоретическая) самого *предмета*. Именно поэтому всякое внутри-теоретическое движение непосредственно связано с изменением (теоретического) предмета. Преобразование планетной системы Коперником было одним из первых преобразований предмета, которое произвела новая наука. Вся деятельность Галилея в значительной степени есть лишь уяснение следствий такого преобразования. Следующим фундаментальным шагом, сделанным самим Галилеем, было разрушение «лунной грани», которое, как мы говорили, с необходимостью повлекло за собой преобразование всей физики и всей логики мышления в целом.

«Теория относительности» Галилея состояла прежде всего в релятивизации абсолютного места, выразившейся в критике привилегированного положения Земли. Эта критика послала принципиально физический характер, так как вся физика Земли (теория естественных и насильственных движений, «стихийный» характер физических процессов и т. д.) определялась этим привилегированным положением. Тогда как центральное положение Солнца в системе Коперника носит совершенно иной характер.

Благодаря такому преобразованию и нашлась такая новая точка зрения, которая позволяла взглянуть на планетную систему и прежде всего на саму Землю как бы со стороны и увидеть их в целом. Новая точка зрения не была связана с каким-

либо местом в системе⁵². Можно было «увидеть» много возможных центров во Вселенной, так что движения *sursum* и *deorsum* теряли свою уникальность. Можно было «увидеть» Землю в целом (как планету) и найти, что возникновению и уничтожению подвергаются только ее части и т. д. Но по отношению к физическому миру самый главный результат релятивизации места и разрушения «лунной грани» состоял в том, что все факты, очевидности и вещи «повисали в воздухе». Факт-очевидность становится фактом-аргументом, доводом. Возникает ситуация потенциального экспериментирования, так как каждый факт должен оправдать свою видимость перед лицом возможного преобразования. Симпличчо уже не просто указывает пальцем на вещи, видимые всеми, он уже даже не приводит свои факты в доказательство своих теорий, он вынужден «спасать» их, т. е. пытаться сконструировать их с помощью теории. И, по существу говоря, единственное, к чему на первый раз стремится Сальвиати, это показать, что с теми предпосылками, которые есть у Симпличчо, ему не сконструировать пущий ему объект. Факт, который для Симпличчо был целостным феноменом, оказывается лишь частной видимостью, и когда Сальвиати удается поставить Симпличчо на свою точку зрения, перед тем открывается новый мир, откуда ему нет пути назад. То, что раньше было для него всем, выступает теперь как субъективно-ограниченное впечатление. Сам предмет стал для него другим.

Поэтому метод Сальвиати в разборе наблюдений Симпличчо состоит не в том, чтобы опровергнуть его наблюдения. Он всегда их признает. Но он старается привести такое контрнаблюдение, такой контроль, чтобы в *совокупности* оба наблюдения составили бы наблюдение *одного* предмета и дали бы новое представление о *целом объекте*. Сальвиати не отрицает наличие движения *sursum* и *deorsum*. Но он дополняет его аналогичными движениями по отношению к центрам других небесных тел, и тогда открывается, что прямолинейное движение всегда только случайное, и одно только круговое может быть естественным («принцип космической инерции») (I, 130). Достаточно дополнить видимость повсеместного разрушения и возникновения понятием о неизменном теле целого, или же — как это делал и сам Аристотель — соединить в одно целое два противоположных процесса возникновения и уничтожения, и окажется, что Земля как единый предмет не разрушается и не возникает, а сами эти процессы могут воспоследовать «в результате простого перемещения частей без разрушения или зарождения чего-либо нового» (I, 137).

Успех опыта зависит, таким образом, не просто от «доказательности» его как аргумента, а от умения сформулировать посредством него новый предмет теоретического рассмотрения.

Чтобы, например, получить истинное представление о динамике движения, следует не просто классифицировать разного рода естественные и насильственные движения, но попытаться каждое

из них дополнить противоположным, чтобы получить явление в целостном виде. Таковым было бы, скажем, падение ядра с высоты тысячи локтей над поверхностью Земли, если бы оно могло продолжать свое движение вдоль шахты, прорытой по диаметру Земли. Мы убедились бы тогда, что, пройдя сквозь Землю, ядро непрерывно сменяло бы «естественное» движение на «насильственное» и поднялось бы с противоположной стороны на ту же тысячу локтей (если, кроме того, устранить с его пути воздух и иные помехи). То же самое обнаруживает шар, который, спускаясь с одной наклонной плоскости, поднимается на другую за счет приобретенного импульса. Наконец, груз, подвешенный на нити, будет отклоняться от перпендикуляра к плоскости Земли одинаково в обе стороны. Он объединит в себе все три аспекта: движение вниз, движение вверх и бесконечность инерциального движения (I, 119; 327).

Таким образом, оказывается, что два объекта рассмотрения, имеющие две различные причины и природы, а именно в одном случае внутренние присущие телу и естественные, в другом — внешние и насильственные, оказываются одним и тем же объектом. Движение с определенным внутренним присущим ему импульсом, лишь при случайных и не существенных для него обстоятельствах может определиться как насильственное относительно другого как естественного (I, 336).

Эксперимент как критика простой феноменологии Симпличчо скрывал в себе также гораздо более глубокую критику философской феноменологии Аристотеля. Аристотелевская теория, выражаясь, с одной стороны, в концепции абсолютного места, в учении о замкнутом, центрально симметричном и анизотропном («лунная грань») мире, с другой — выступала как теория абсолютной завершенности сущего, которое может быть в потенциальном или актуальном состоянии («Коперниканское мышление»), напротив, рассматривает мир непосредственных феноменов как лишь один из возможных. Действительный же «феномен», т. е. явление, непосредственное наблюдение которого совпадает с его пониманием, должен быть еще построен, причем так, что, будучи *существенным*, он тем не менее превосходит чувственный опыт *существующих* вещей и включает в себя идеально-теоретическое определение.

Предмет рассматривается теперь в качестве одной из возможностей актуализаций скрытой и бесконечной потенции. Напомним как у Галилея в «Диалогах» любой опыт земной физики получает *истинный вид* только после того, как к нему присоединяется невидимое движение Земли. Разбирая, например, опыт с падением камня вдоль стены высокой башни и выясняя истинную форму его траектории, Сальвиати говорит: «...На основании одного только наблюдения, что падающий камень скользит вдоль башни, вы не можете с достоверностью утверждать, будто он описывает прямую и отвесную линию» (I, 238). Но «там, где недостает

чувственного наблюдения, его надо дополнить размышлением...» (II, 163), и следует присоединить к этому чувственному наблюдению мысленное наблюдение движения Земли, после чего только мы и получим *действительный предмет* — траекторию движения камня. Всякий воспринимаемый предмет понимается теперь как видимая часть невидимого, как частная реализация теоретически фиксируемого закона.

Ф. Бэкон, который так использовал платоно-аристотелевские понятия формы для обозначения сущностного понятия — закона, говорит: «...Форма вещи есть сама вещь и вещь не отличается от формы иначе, чем явление отличается от сущего, или внешнее от внутреннего, или вещь по отношению к человеку от вещи по отношению ко Вселенной»⁵³. Человек здесь, следовательно, оказывается наделенным двойным зрением: своим собственным, чувственным, и мысленным зрением («с точки зрения Вселенной»), зрением экспериментатора-теоретика.

В силу этого каждое представление непосредственного наблюдения должно быть поставлено под сомнение с точки зрения его скрытого целого. В феномене, каков он является чувственному опыту, не просто скрывается его тайная сущность и «природа», которую следует извлечь из этого опыта рассудком. Нет, против этой схоластической гносеологии выступает иное понимание новой науки. В феномене, каким он является чувственному опыту, обнаруживается не весь предмет и даже, может быть, не сущностный его вид. Следует сдвинуть предмет с его естественного места, лишить его естественного вида, вырвать из естественных условий и испытать его во множестве ситуаций, прежде чем он откроет себя в качестве целостного предмета, т. е. в качестве предмета как такового, который и можно будет изучать теорией.

При этом каждая эмпирическая ситуация определяется уже теперь не как отдельный предмет, а как *состояние*, как *событие* в рамках определенного функционального закона, описывающего изменение объекта в зависимости от этих условий. Таким образом, предмет новой науки не только является результатом преобразования традиционного предмета, но — что для нас наиболее важно — он включает в свое собственное определение процедуру преобразования. Та ситуация, которую мы описывали до сих пор, — экспериментально-теоретическое преобразование сознания и предмета, внешних для новой науки — становится, как мы увидим в дальнейшем, внутренней ситуацией самой новой науки. И собственно говоря, во многом благодаря этому, новая наука считается экспериментальной по преимуществу.

На первых порах, однако, это не обнаруживается. Всеобщий характер инерциального движения раскрывается сначала как равнодушная причастность к нему всех земных событий. Каждый предмет, который первоначально опытно представляет это движение, — пушка на тележке, диск, брошенный рукою всадника, ка-

мень, падающий с мачты движущегося корабля, — оказываются всего лишь единичным примером.

Точно так же, исследуя падение различных тел и в различных средах, Галилей не пытается внести некую обобщающую классификацию этих чувственных явлений, а как раз, наоборот, стремится найти «чистые условия падения», т. е. сконструировать новый предмет — предмет теоретического исследования — освобожденный от «привходящих обстоятельств», от тех случайных реальностей, с которыми он был связан первоначально. Чем большее разнообразие феноменов и обстоятельств эксперимент включает в свою сферу, тем с большей силой понятие, функционирующее в нем, обнаруживает свою всеобщность, т. е. всезнающую ни с одним из этих обстоятельств в особенности⁵⁴.

Теоретическое утверждение, постигшее всеобщий характер, может относиться только к такому объекту, который сам обладает всеобщим характером. Это утверждение не может быть основано просто на некой совокупности наблюдений. Эксперимент тем-то и отличается от наблюдения, что он изобретает или находит такое событие, которое представляет собой всеобщий, т. е. любой, случай. Но это и означает умение конструировать явление в чистом виде, когда устранены (реально или мысленно) все обстоятельства, превращавшие каждое отдельное наблюдение в частный случай. Например, выдвигая свое основное утверждение о независимости ускорения свободного падения от веса, Сальвиати впускает Симплицио, что дело здесь не просто в том, что возможная наблюдаемая разница времен падения будет в десятки раз меньше аристотелевской, но что она вообще не имеет значения, хотя и наблюдается, и что дело вовсе не в том, чтобы ограничить его закон каким-либо определенным соотношением весов. «Мне все же трудно поверить», — говорит Симплицио, — что крупинка свинца должна падать с такой же быстротой, как пушечное ядро». «Скажите лучше», — отвечает ему Сальвиати, — песинка с такой же быстротой, как мельчайший жернов» (II, 166), потому что дело вообще не в наблюдаемых дробинках и ядрах — действительным предметом является мысленное движение произвольной тяжелой точки в пустоте, поскольку к этому свелось событие падения. И в противоположность Симплицио, который не понимает роли этой идеальной схемы, Сальвиати замечает, что Аристотель прекрасно понимает этот момент, «и приводит в пример тела, на которых можно проследить чистое, абсолютное влияние веса, отбрасывая в сторону все другие соображения как относительно форм, так и относительно других малозначащих моментов, какие легко подвергаются воздействию среды, изменяющей простое действие одной тяжести...» (II, 167).

Результатом этого процесса *критического экспериментирования* являются не индуктивное обобщение, не умозаключение, не просто мысленная абстракция, а именно предмет, но предмет идеализованный. Создание его позволяет нам закончить круг кри-

тического экспериментирования, которое освободило чистый предмет от несущественных помех. Теперь не нужно уже производить ни ста, ни десятки испытаний. Наличие идеализованного предмета открывает возможность ограничиться одним-единственным, специально сконструированным реальным опытом, результат которого имеет теперь уже непосредственно теоретическое значение. Поэтому столь часты у Галилея заявления, что достаточно одного специально построенного опыта, когда и тысяча бездейных опытов не приведут ни к чему. «Я мог бы привести вам тысячу таких опытов,—восклицает Сальвати,—по в отношении того, кто не довольствуется одним из них, всякое старание безнадежно» (I, 251).

Таким образом, новое теоретическое мышление выступило в качестве критика всего предметного и опытного мира предшествующего способа теоретизирования, и в этой критике сформировало *свой* предмет. Тем самым теоретическая физика выработала для себя свою собственную предметность, так что ей уже не было необходимости обращаться к предметности перипатетической науки и каждый раз заново находить в ней свой предмет. Лишь после этого, собственно говоря, новая физика получила подлинную автономию и могла в дальнейшем сама конституироваться в авторитарную силу «естественного» мышления.

Прежде чем мы перейдем к ближайшему рассмотрению природы этого нового предмета физического мышления, имеет смысл воспроизвести некоторые существенные моменты только что пройденного пути, следуя рассуждениям мыслителя, который, как кажется, имеет непосредственное отношение к нашему вопросу.

Речь идет о Френсисе Бэкоме, теория которого для позднейших философов и историков науки послужила поводом для многих недоразумений. Ее в равной степени недооценивали и переоценивали, причем часто на основании некритического усвоения мнения о ней, сложившегося в научных кругах⁵⁴. У нас нет намерения разбирать эти недоразумения. Мы отметим лишь круг мыслей Ф. Бэкона, близко касающихся разбираемых нами проблем.

В том «очищении разума», которое задумал Бэкон, наряду с критикой соблазнов и иллюзий спекулятивного ума и легкой костью ума, апеллирующего к авторитетам и преданиям старших, он отводит существенное место критике эмпиризма и безответственного индуктивизма. Следует заботиться не столько о расширении опыта, сколько об опытах другого рода, чем те, которыми занимались до сих пор, «ибо,—утверждает Бэкон,—смутный и руководящийся лишь собой опыт... есть чистое движение паущих и скорее притупляет ум людей, чем освеждает их»⁵⁵. Истинный опыт есть планомерное испытание (пытание, допытывание) природы, проводимое в соответствии с разумными правилами. Опыт, который таким образом отыскивают и заставляют свидетельствовать там, где без специальных условий он остался бы нем, и называют экспериментом. Так что «истинный метод

опыта сначала зажигает свет, потом указывает светом дорогу... (verus experientia ordo primo lumen ascendit, deinde per lumen iter demonstrat...)»⁵⁷.

В связи с этим различением находится разделение опытов, проводимое Бэконом, на «плодоносные» и «светоносные». Плодоносный опыт в области естествознания поставляет множество любопытных сведений или, как сказали бы сейчас, дает богатую информацию. В области практики он дает много полезных результатов и изобретений. Однако он молчит о причинах и основаниях, т. е. лишен понятия. Поэтому «должно искать светоносных, а не плодоносных опытов». Это значит таких, где в одном событии нам раскрывается скрытая природа исследуемой вещи⁵⁸.

Таким образом, мы находим здесь сходный с описанным процесс преобразования предмета непосредственного опыта в новый предмет, конструируемый посредством критического эксперимента. Однако что же Бэкон имеет в виду, говоря о необходимости светоносных экспериментов? Каковы условия, в которых обычный опыт способен стать «светоносным»? Ответы на эти вопросы позволяют нам охарактеризовать методологию Бэкона как теорию, близко стоящую к основам новой науки, хотя, разумеется, конкретная реализация этой методологии, осуществленная во второй части «Органопа», вызывает серьезные сомнения в этом.

В первой же части Бэкон отчетливо сознает ту задачу, которая прежде всего стоит перед новым экспериментом,—сформировать собственный предмет исследования. «Величайшее невежество,—пишет философ,—представляет собой исследование природы какой-нибудь вещи в ней самой. Ибо та же самая природа, которая в одних вещах кажется скрытой и тайной, в других вещах очевидна и почти опутана... То, что в одних вещах считается скрытым, в других имеет явную и обычную природу, и она никогда не позволит рассмотреть себя, если опыты и наблюдения людей будут вращаться только в пределах первого»⁵⁹. Поэтому не столь важно изучать природу в ее естественном, представленном себе состоянии, ибо именно в этом случае она является максимально скрытой в себе. Подобно тому, как сущность и природа человека проявляются в стесненных и критических обстоятельствах, так же точно и природа раскроет свои тайны, будучи поставлена в необычные и искусственно созданные условия. Так, приводит он пример, природа прочности смутна и затемнена, если ее изучать в дереве или камне, по тонкие мыльные пленки, в которых, собственно говоря, ничего не осталось, кроме «прочности», представляют собой такой экспериментальный предмет, в котором представлена как бы сама суть прочности, связности.

При этом Бэкон обращает внимание на формирующую и преобразующую деятельность человеческих искусств, которые как бы сами собой представляют уже готовую лабораторию для исследования природы. Именно здесь мы встречаем природу в тех

нестественных и необычных условиях, где ей приходится обнаруживать свои тайные потенции, скрытые от наблюдателя-натуралиста. Противопоставляя древней традиции описательной натуральной истории то естествознание, которое стремится «дать разуму понятия», Бэкон замечает, что натуральная история нацело игнорирует опыты механических искусств, хотя «скрытое в природе более открывается, когда оно подвергается воздействию механических искусств, чем тогда, когда оно идет своим чередом»⁶⁰.

Таким образом, мы видим здесь проект, в котором запланирована та самая последовательность шагов, превосходящую (и превосходящую сам замысел) реализацию которого дал Галилей.

Формирование в теоретически предположенных условиях «светопосного» опыта, в котором явление воспроизводится в чистом виде; экспериментирование и преобразование предмета путем постановки его в такие «стеснительные» или «критические» условия, в которых обнаруживается его суть, и привлечение опыта механических «искусств» для познания природы — таковы те моменты, которые сближают рецепты Бэкона с методологией новой науки. Однако именно отсутствие теоретической идеи, т. е. того «света», который и, по мысли самого Бэкона, должен освещать путь истинного опыта, оставляет его в обществе натуралистов и естествоиспытателей Возрождения, и резко отделяет его «эмпиризмом» от экспериментального духа галилеевой физики.

Здесь может возникнуть справедливый вопрос: пусть новое научное сознание формируется для себя предмет; в таком случае, каким чудесным образом оно само зародилось в голове Коперника или Галилея? Пусть оно может «пробуждать умы» и формировать их в «сократическом эксперименте», но каким образом пробудилось и сформировалось оно само? Задавая эти вопросы, мы не имеем в виду весь огромный комплекс проблем, который они влекут за собой. нас интересует здесь та предметная область, которая послужила опытной основой для возникновения самого теоретического мышления новой физики. Где оно нашло свой предмет еще до того, как научилось целенаправленно формировать его? Т. е., в какой области, в какой деятельности была уже готова почва и строительный материал для физического эксперимента в новом смысле слова?

Мы можем частично ответить на эти вопросы после того, правда, как выяснили многие существенные черты этого эксперимента. Мы знаем уже, что он связан с радикальным преобразованием, изменением, «разрушением» естественных «форм» — вещей, что в нем важны те искусственные условия, когда естественное движение в едином и непрерывном процессе переходит в «насильственное» и обратно, наконец, что его основание составляет процесс, выражающийся в едином функциональном законе. Первый момент отсылает нас от «натуралистов» в область «человеческих искусств», которые занимаются преобразова-

нием естественных вещей. Второй момент ограничивает область «искусств» механическими, по традиционному определению предназначенными к тому, чтобы «обмануть природу», т. е. заставить естественный процесс способствовать протеканию искусственного процесса. Наконец, третий момент вводит нас в область экспериментальной механики — действительной почвы, на которой формировалась новая физика.

Хорошо известна та огромная роль, которую сыграла механическая практика в становлении новой физики. Подробно и глубоко изучено взаимокатализирующее влияние новой техники и мануфактурного способа производства в целом, с одной стороны, и возникающей быстрыми темпами новой теоретической механики, с другой⁶¹. По существу можно было бы сказать, что новая физика родилась из экспериментальной ветви прикладной механики, поскольку теоретическая механика долгое время ограничивалась архимедовой статикой и умозрительно трактуемой динамикой (физика «името»). С равным правом можно сказать, что новая теоретическая механика первоначально развивалась, внедряя математические методы Архимеда в решение реальных механических задач.

Главный математик Савойского герцога Джамбатиста Бенедетти, следуя которому Галилей составил свой первый трактат «О движении», подверг серьезной критике основные положения аристотелевской динамики именно потому, что его физическая интуиция была определена механическими искусствами⁶². Наиболее выдающейся фигурой этого периода (конец XVI в.) является, без сомнения, Симон Стевин — в равной степени теоретик строго архимедовой традиции и крупный инженер (инспектор всех водных сооружений Голландии). В его трудах связаны проблемы теоретической механики, трактуемые чисто геометрически, с задачами прикладной механики. Опыт человека-мастера непосредственно становится опытом человека-теоретика.

Галилей только в 1584 г., в возрасте 20 лет, решительно бросил занятия медициной, которую он изучал в Пизанском университете, вернулся во Флоренцию и отдался изучению математики под руководством преподавателя флорентийской художественной академии Остилио Риччи⁶³. Олышки, исследовавший рукописи этого ученого, делает вывод, что Риччи преподавал проблемы практической механики и прикладной математики, изложенные в традиции школы Тарталья. Галилей, таким образом, получил свое математическое образование в непосредственном контакте с инженерной техникой и экспериментальной механикой⁶⁴. Риччи познакомил Галилея с вопросами практической гидравлики, архитектуры и т. д. С тех пор Галилей никогда не порывал связи с людьми техники и не прекращал сам занятия практическими задачами. «Так, он держал в течение ряда лет в своем доме в Падую техническую мастерскую, в которой... изготовлял... инструменты... и ставил свои научные опыты»⁶⁵.

Он, может быть, не сразу понял фундаментальное значение именно механики для познания природы. Во всяком случае уже в работе «De motu» (Пиза, 1589 г.) Галилей полностью усвоил метод Бенедетти. А в предисловии к трактату «Механика», над которым он начал работать с первых лет пребывания в Падуе (1592), он упрекает тех инженеров, которые надеются при помощи механики «обмануть природу». Здесь Галилей имеет в виду не только (и даже не столько) изобретателей *perpetuum mobile* (П, 417). Мы помним, что именно таково («обман природы») было традиционное определение механики, и если Галилей с первых слов доказывает, что при помощи механических орудий нельзя произвести никакого действия, противоречащего законам природы, то это значит, что он не согласен с таким определением и включает законы механики в систему законов всей природы. И, может быть, то, что заставило Галилея поставить почти прикладную дисциплину о сопротивлении материалов в один ряд с наукой, касающейся «предмета вечного, имеющего первенствующее значение в природе, обсуждавшегося великими философами...» (П, 114), было именно сознание глубокой общности законов, лежащих в основе этих двух «новых наук».

В 1620 г. в «*Epitome Astronomiae Copernicanae*» И. Кеплер, обсуждая изменение линейной скорости планет в зависимости от их расстояния до Солнца связывает это явление с законом рычага, сравнивая «движущуюся силу Солнца» с действием грузов на плечах переменной длины⁶⁶. Тем самым он открывает путь, по которому в течение XVII в. пришли к идее небесной механики, принципиально невозможной в античной науке⁶⁷.

Идея физики как всеобщей механики зарождалась в умах ученых с конца XVII в. и впервые была обоснована Декартом. Но прежде всего распространилось убеждение, что исследование механических процессов не просто отличается максимальной строгостью и точностью (аргументы Бенедетти и Стевина), но имеет непосредственное отношение к исследованию фундаментальных законов самой природы. И по мере развития теоретической механики в новом смысле слова весь опыт «механических искусств» втягивался в физику и перерабатывался там.

Вот почему Первый день своих «Бесед» Галилей открывает размышлением Сагредо и Сальватино о достоинствах и научной пользе венецианского арсенала. Его мастера, наблюдая создания предшественников и размышляя при изготовлении собственных изделий, «приобрели большие познания и остроту рассуждений». «Беседы с ними, — замечает Сагредо, — не один раз помогали мне разобраться в причинах явлений не только изумительных, но и казавшихся сперва совершенно невероятными» (П, 116).

Итак, мы можем заключить, что появив физика, обретя в «коперниканском мышлении» философскую перспективу, получила свое предметное и экспериментально-техническое содержание от опыта «механических искусств».

Механическая практика могла быть источником предметности для новой физики, но она ни в коем случае не была ее единственным истоком. Подобно тому, как растение перерабатывает питательные вещества, полученные из почвы, в систему органических образований, физическая наука, усваивая опыт механической практики, радикально перерабатывала его.

Особенности образования Галилея, о которых мы уже говорили, — раннее развитие технического таланта, погружение в атмосферу университетской науки и сосредоточение внимания на «философии» динамических проблем, наконец, позднее обращение к математике и изучение механики параллельно с ней — все это приводит к тому, что механический опыт прежде всего оборачивается для него своей теоретической стороной. Практическая механика становится для Галилея не просто областью применения его технических талантов, но школой изобретательного эксперимента. Его отношение к ремесленному опыту активное и независимое. Предметность и теоретическая цель здесь, как и везде у Галилея, взаимно образуют друг друга. Критичность, свойственная теоретике, ничуть не меньше у Галилея по отношению к практической эмпирии ремесленника, чем по отношению к философствующей эмпирии перипатетиков.

Такая критичность вообще характерна для нового подхода к естествознанию. Л. Ольшки приводит, например, следующие слова современника Галилея Джузеппе Череди: «Не имеющие научной школы изобретатели придумывают полезные вещи лишь случайно, ученые же, лишенные опыта, ограничиваются общими абстрактными сведениями, не доставляя своему уму никакой другой пищи, кроме пустых отвлеченностей»⁶⁸. Именно в процессе такого взаимодействия создавалась основа новой экспериментирующей физики.

Поэтому Галилей — по отношению к наблюдателям природы скорее практик, который разрушает и перестраивает естественный предмет, чтобы в искусственно организованном явлении обнаружить всеобщий принцип, по отношению к практике — скорее наблюдатель, видящий в техническом процессе опять-таки не конечную и частную цель, которая в нем достигается, а всеобщий закон, который в нем обнаруживается⁶⁹.

Если идеализирующая работа в области натуралистической эмпирии имела целью заменить «естественный» процесс, обремененный множеством случайных обстоятельств, искусственным процессом, воспроизводящим законосообразную форму явления, то механический процесс воспроизводится в эксперименте с такой самостоятельностью и самоцельностью, как если бы это был естественный процесс. В результате действительной почвой физического эксперимента становится «естественная механика», или же, иными словами, «механическая природа».

Таким образом, тем ближайшим этапом, который должен был опосредовать превращение практической опытности в научный эксперимент, был этап механических игр, т. е. исследования механических явлений в условиях, свободных от практической целесообразности. Научный эксперимент действительно должен представлять практику некоей игры. Рассмотрение явления во всеобщности, т. е. при освобождении его от случайных частных условий, будут ли эти особые условия определены чуждой предмету практической целью или ограниченными условиями Земли, является в обоих случаях целью теоретического анализа. Поэтому именно экспериментальная «игра» или «игра» коперниканского и кеплеровского воображения, дающие возможность представить предмет в *иных* условиях, во *всех* возможных условиях, следовательно, помыслить предмет *без условий*, т. е. так, как он есть сам по себе, оказывается фундаментальнейшим моментом теоретического познания.

Исследуя именно творчество Галилея, этот момент эксперимента отметил в своей «Механике» Э. Мах. Он называет его «принципом непрерывности»: «Придя к какому-нибудь взгляду относительно какого-нибудь специального случая, мы постепенно изменяем в мыслях условия этого случая, насколько это вообще возможно, стараясь по мере возможности удерживать этот взгляд»⁷⁰. Целью экспериментирования в таком случае является такое изменение условий, чтобы предмет можно было усмотреть в безусловном (чистом) виде. А это, как мы уже замечали, достигается тем, что в одном и том же реальном или мысленном опыте объединяются *противоположные* условия (например, условия естественного падения и пассивного подъема). Другой аспект этого замысла состоит в том, что условия (например, наклон плоскости или диаметр круга-траектории) непрерывно доводят до крайнего, предельного случая, в котором исследуемый предмет непосредственно превращается в другой (движение по наклонной плоскости — в горизонтальное; движение по круговой траектории — в прямолинейное)⁷¹.

Таким образом и происходит наблюдение ненаблюдаемого, экспериментальная реализация теоретического (следовательно, мыслимого) предмета. Но каков же характер этого мыслимого предмета? Почему мы говорим о нем как о предмете, если он только мыслимый? Да еще как о предмете самом по себе, как о природе природы? Каков предметный результат нашего «уничтожающего» эксперимента?

Пытаясь ответить на эти вопросы, мы наталкиваемся на парадокс. Теоретическое мышление в эксперименте преобразует естественный предмет и формирует предмет, в котором *достоверность наглядности* непрерывно переходит в *достоверность мысли* и наоборот, — предмет, в котором предметное стало «прозрачным» для понятия, а понятие «существующим» как предмет. Мышление, которое таким способом, наконец, обрело свою

предметность, достигает этого тем, что, говоря словами Гегеля, превращает все «бытие в мысленное бытие, и на деле утверждает, что вещи обладают истиной только как понятия»⁷².

Парадокс заключается в том, что в качестве истины существующих телесных вещей теоретик открывает сущности, в которых от определения телесности осталась, скажем, только чисто геометрическая протяженность (как у Декарта), или «формальный атом» (как у Лейбница), или движение точек в пустом пространстве (как у Ньютона).

Именно в созерцании таких объектов «чувство, более возвышенное и более совершенное, чем обычное и природное» (I, 423) объединяется с разумом.

Мы получили абсолютную, объективную и ясную для мышления истину, которая не обладает только одним — определением существования. Для существования она нуждается в относительно-ных, субъективных и единичных вещах⁷³. Таким образом, *теоретическое понятие может предметно существовать только в условиях эксперимента, т. е. только пока существует реальный предмет, идеальным «продолжением» которого (в процессе предельной идеализации) является понятие.*

Этот парадокс осознается не сразу и не всегда. Первоначально тот факт, что мысль формирует для себя мысленный же предмет (например, геометро-кинематическую схему), воспринимается натуралистически, в традиции платонизма, которая по существу не прерывалась на протяжении всего средневековья и была оплотом философов-гуманистов эпохи Возрождения. И нам теперь будет понятным, почему Галилей называет коперниканское учение пифагорейством, трактуя самих пифагорейцев как чистых математиков. «То, что пифагорейцы выше всего ставили науку о числах», — говорит Сальвиати на первых же страницах «Диалога», — и что сам Платон удивлялся уму человеческого, считая его причастным божеству потому только, что он разумует природу чисел, я прекрасно знаю и готов присоединиться к этому мнению» (I, 107). В дальнейшем как в «Диалогах», так и в «Беседах» Галилей постоянно апеллирует к Платону, когда демонстрирует перипатетику Симплицию фундаментальность математики не только при доказательстве тех или иных положений, но также и для выяснения истинного смысла явления (см., например, I, 302—303).

Симплицию же долго держится схоластико-перипатетического взгляда на математику. «Платон», — говорит Симплицию вслед за Аристотелем, — слишком увлекается своей любимой геометрией. Ведь в конце концов эти математические тонкости, сеньор Сальвиати, истинно абстрактны, в приложениях же к чувственной и физической материи они не оправдываются» (I, 303). Среди парадоксальнейших рассуждений первого Дня «Бесед» Симплицию восклицает: «... Ваши рассуждения и доказательства суть чисто математические, отвлеченные и оторванные от всякой осязаемой

материи: я полагаю, что по отношению к физической материи и предметам, встречающимся в природе, выведенные законы не могут иметь приложения» (II, 457).

В области математических тонкостей даже Сагрето порой попадает враска и совершает, как он сам выражается, «ошибку и притом не малую, а бесконечно большую». «Не должны ли мы признать», — спрашивает он Симплицио, — что геометрия является самым могущественным средством для изобретения наших умственных способностей и дает нам возможность правильно мыслить и рассуждать? Не прав ли был Платон, требуя от своих учеников прежде всего основательного знакомства с математикой?» (II, 224). Но Симплицио уже раньше смог убедиться в полноте математики как основного средства физического мышления. «Я совершенно убежден», — говорит он, — и поверьте мне, что если бы мне пришлось начать вновь свое обучение, то я последовал бы совету Платона и принялся бы сперва за математику как науку, требующую точности и принимающую за верное только то, что убедительно доказано» (II, 186).

Но Галилей был близок Платону в еще более полном смысле, чем в высокой оценке математики как средства теоретического доказательства и ведения теоретического рассуждения. Мы увидим в дальнейшем, что тот парадокс, о котором мы только что говорили, постоянно воспроизводится самим Галилеем, и он сам в этих случаях обнаруживает математическое там, где предполагал найти сущность самой физической вещи. С размышлением над такими открытиями и связана знаменитая и часто цитируемая фраза из «Пробирщика»: «Философия написана в величайшей книге, которая всегда открыта перед нашими глазами (я разумею Вселенную), но ее нельзя понять, не научившись сначала понимать ее язык и не изучив буквы, которыми она написана. А написана она на математическом языке, и ее буквы это — треугольники, дуги и другие геометрические фигуры, без которых невозможно понять по-человечески ее слова; без них тщетное кружение в темном лабиринте»⁷⁴.

Математика понимается здесь не только как язык фигур и линий. Математические элементы суть истинные элементы вещей. В таком математическом «реализме» математический объект как форма предмета самого по себе, форма предмета, полученного в результате изолирующего эксперимента, т. е. предмета безусловно, всеобщего, действительного и необходимого, такой объект становится основанием критики всей чувственности. Она понимается как совокупность единичных обусловленных случаями причинами состояний, образующих мир человеческих субъективных впечатлений. Цвет, вкус, звук, запахи, тепло — все это сводится к неадекватным состояниям чувственности, имеющим своим источником человеческий субъект, а не объект. Она, повторяет Галилей аргумент Декарта⁷⁵, подобны чувству цекотки, которое смешно считать объективным свойством цекотки перьяшка.

Вне нас эти ощущения — пустые имена. Существенны только форма, величина, расположение в пространстве и времени, движение или покой и количество субстрата. «Никакая сила воображения не в силах отвлечь ее (телесную субстанцию. — А. А.) от этих условий»⁷⁶. «Никогда я не стану от внешних тел требовать что-либо иное, — заявляет Галилей, — чем величина, фигура, количество и более или менее быстрое движение, для того чтобы объяснить возникновение других качеств»⁷⁷. (Заметим сразу же, что с развитием механики этот кинематический идеал должен был столкнуться с динамическим, в котором главное место занимают «качества» силы и массы; антиномическое отношение этих идеалов и составляет реальный базис классической механики).

Ясно, что подобно платоновским числам-идеям, подобно средневековому «свету», механизм, идеализированный до геометро-кинематической схемы, был для Галилея своего рода «математической субстанцией», предметные свойства которой суть непосредственно и теоретические свойства, форма существования которой непосредственно становится формой ее понимания. Эта схема определяет проект, идеальную перспективу реального эксперимента, и любое теоретическое утверждение будет доступным экспериментальной проверке лишь после того, как получит отображение в соответствующей геометро-механической схеме. Но и любое реальное событие может получать теоретическое объяснение, лишь будучи предварительно сведено к тому же геометро-механическому прообразу.

В связи с этим существенно отметить один немаловажный гносеологический момент. Галилея не раз хвалили за то, что он отбросил метафизический способ мышления, в частности, метафизический способ ориентировать научное исследование на вопрос «почему?» — вопрос о коленной причине, о природе и сущности явления. Галилей, говорят нам⁷⁸, заменил этот вопрос «почему?» вопросом «как?» и стал исследовать физические процессы, не интересуясь их внутренней природой и причиной. Но в свете математической «метафизики»⁷⁹, о которой мы говорили, эта на первый взгляд весьма продуктивная концепция представляется менее очевидной. Речь идет, как мы увидим, не об отказе от анализа причинности, а об изменении самой категориальной структуры физического объяснения. И действительно, трудно представить себе, чтобы «математический реализм» Галилея мог совместиться с тем дескриптивизмом, который находили у него. Скорее, уж анализ галилеевского метода может пролить новый свет на истинный смысл самого дескриптивизма.

Барт — автор широко известной книги «Метафизические основания современной физической науки» — отмечает, что ведущей идеей платонизирующих астрономов и физиков XV—XVI вв. было переосмысление аристотелевской формальной причины («как?») таким образом, чтобы ее можно было рассматривать в качестве основной. В ней должны совпадать целевая и действующая

пчая причина, ибо «гармония мира», его естественная структура представляет собой все необходимое для его объяснения⁸⁰. Кеплер, который являет собой синтетический тип ученого, в равной мере мыслящего в категориях как платонизирующей науки эпохи Возрождения, так и классической физики, рассматривает саму математическую гармонию в качестве причины и основания определенного строения планетной системы. И наличие в стереометрии только пяти правильных многогранников «составляет причину числа планет (*habes rationem numeri planetarum*)»⁸¹.

По мере развития математической физики открывался более определенный смысл этой «метафизики формы».

Поскольку мы в идеализирующем эксперименте находим действительный теоретический предмет, освобождаем его от внешней видимости и получаем его в чистом виде, мы, собственно говоря, не столько находим объяснение «реальным» процессам, сколько впервые находим ту форму процесса, которую целесообразно объяснять.

Речь здесь идет не об отказе от обоснования, а о том, что вопрос «почему?» бессмысленно ставить к явлениям обычного опыта, в которых мы просто не имеем дело с теоретическим предметом, с предметом, нуждающимся в теоретическом обосновании или объяснении. Секрет той теоретической продуктивности, которую многие усмотрели в замене вопроса «почему?» на вопрос «как?» состоит в том, что при этом не просто изменяется форма вопроса, задаваемого одному и тому же предмету, — все дело в том, что изменяется сам предмет.

Предшествующее изложение должно было бы выяснять, что в процессе экспериментального исследования, исследования, направленного, по видимости, исключительно по пути ответа на вопрос «как?», вместе с тем дается ответ на более фундаментальный вопрос «что?». В результате впервые обнаруживается, что, собственно говоря, надо объяснить, *к чему ставить вопрос «почему?»*.

Так, все наблюдают, что тела пролетают некоторое расстояние и падают на землю, будучи брошены под углом к горизонту. Но было бы бессмысленно спрашивать, почему это так, ибо само «это» нуждается в уточнении. При этом уточнении строго обрисовывается и в равной мере уточняется область, в которой скрыта таинственная причина. Например, выясняется, что формы падения камня на землю, баллистической кривой, планетной траектории могут быть получены из одного принципа (см., например, подход к этой всеобщей механике у самого Галилея (I, 334)). При этом нам не только не нужно искать каждый раз разные природы-сущности для качественно разных вещей, но даже разные формы движений должны иметь одну причину (динамический закон), и именно природа этой причины (сила) оказывается теперь конкретным источником физико-метафизической проблематики.

Такой способ теоретической физики — находить истинный предмет («что?») вопроса, заново отвечая в процессе мысленного экспериментирования на вопрос «как?» — можно проследить во всей истории современной физики. Например, теорию относительности Эйнштейна можно рассматривать в качестве объяснительной (отвечающей на вопрос «почему?», — вопрос о силе) по отношению к ньютоновской механике потому, что она иначе определила сам предмет (структуру пространства-времени («что?)), заново конструируя его в мысленном эксперименте (исследуя, как, например, определить одновременность событий).

Именно эта «чтойность», если пользоваться схоластическим термином, механико-геометрической схемы, ее теоретико-предметная определенность (предмет-мысль) и послужила основанием для математического «реализма» Галилея и Декарта. Однако для Галилея эта «реальность» существовала во плоти и крови экспериментов, которые — будь они мысленные или реальные — дают как бы место и образ существования теоретическим понятиям. Для него любое понятие (импульс, инерциальное движение, «математическая» структура материи (см. Первый день «Бесед»)) всегда существовало в условиях демонстративного эксперимента, который давал ему необходимую предметность и наглядность. Поэтому Галилей гораздо отчетливее представлял себе структуру физического эксперимента, чем, например, Декарт. Для него было ясно, что ни сам по себе реальный предмет — темный и немой — не может ничего сказать этому попятню, ни сам по себе идеальный объект — геометрическая схема — не может быть отнесен к предмету.

В следующем разделе мы увидим, насколько далек был Галилей от распростиравшейся гораздо позже схемы, согласно которой теоретическая физика составляется из формально-математической теории, не содержащей внутри себя никакой предметности, и ее эмпирической проверки в процессе сопоставления этой теории с природой, зная не знающей ни о какой математике. Для Галилея, всю жизнь борющегося с таким перипатетическим взглядом, эффективность математики в естественных науках не была непостижимым фактом.

Декарт, для которого основным было именно логическое обоснование новой науки, исходил из самой математики. Она была для него образцом науки, создаваемой «ясным и внимательным умом». Именно в математике Декарт находил сферу, в которой его метод мог реально осуществиться и приобрести объективный статус. Правда, это было связано с перестройкой всей традиционной системы математики. Но в результате субъективные определения декартовского метода — ситуация и дедукция — получили форму определенных алгебраических действий с теоретическим объектом.

Для Галилея же геометро-механическая схема была *предельной идеализацией* (изоляция) *реального* объекта. В этом взаимо-

порождающем движении предмета и метода связующим звеном было новое понятие движения и идея механизма. Эта идея имела не только смысл экспериментального посредника между чувственным существованием вещей и их математической сущностью, но также и смысл идеи, преобразующий весь мир математических предметов и саму практику математических искусств⁸².

Все своеобразие мысли Декарта — в этом взаимопреобразующем движении механики и математики. Понять предмет — означает для Декарта понять его механизм, понять его как механизм. Однако теоретическая физика, которая исследует всеобщие определения физической реальности, т. е. имеет своим предметом всеобщую схему механизма, его закон, подвергает механизм дальнейшей идеализации, открывая в его основе геометрическую схему. Таким образом, характеристикой предметности вообще оказывается чисто геометрическое определение протяженности, а все, что реально в вещах, доступно только математике. «... По крайней мере, — замечает Декарт в «Шестом метафизическом размышлении», — надо признать, что все, постигаемое мной в них (в вещах. — А. А.) ясно и отчетливо, и есть вообще все, составляющее объект чистой математики, действительно находится в них»⁸³. В связи с этим и теоретическая физика мыслится Декартом как некая «всеобщая математика» — единая и методически развернутая теория всех «математических» наук⁸⁴. Однако арифметика и главным образом геометрия, которые изучал Декарт, не только не удовлетворяли этому замыслу, но даже в собственных пределах не обладали методическим единством и никоим образом не составляли «цепь положений совершеннейшей очевидности». Традиционный способ геометрических рассуждений и доказательств представлялся Декарту искусством произвольных построений и случайных открытий. Благодаря наглядности, присущей геометрии, учителя многого открыли Декарту, «но почему это делалось так, а не иначе, и каким путем достигались подобные открытия, они не могли объяснить моему уму удовлетворительно»⁸⁵.

И вот, важно заметить, что в разработке методов построения единого механизма геометрии — аналитической геометрии — Декарту помогли его занятия практической механикой и открытий им в результате этого механический способ решения геометрических задач. Во время своего первого пребывания в Голландии Декарт, сотрудничая с И. Бекманом и изучая труды С. Стевина, впервые усваивает идеи и методы «кинематической геометрии», т. е. способ строить различные геометрические фигуры с помощью двух независимых движений. В греческой математике этот метод использовался, например, Архимедом для построения спирали, но в целом был совершенно для нее не характерен. Теперь же он ставится во главу угла. В письме к Бекману от 26 марта 1619 г.⁸⁶ Декарт сообщает об изобретенных им «циркулях», с помощью которых, как он надеется, можно будет дать метод решения всех

геометрических задач, как уже известных, так и всех вообще возможных.

Позднее в Германии Декарт близко познакомился с инженером И. Фаульхабером. Общая теория новых машин (мельниц, шатунов и т. п.), которой занимался Фаульхабер, открыла Декарту новый аспект проблемы. Основным звеном новых машин был передаточный механизм, представлявший собой способ различных преобразований единого (полученного от двигателя) движения. Именно в это время, как рассказывает Декарт в «Рассуждении о методе»⁸⁷, у него сформировались основные идеи его методологии и общего мировоззрения. «Мир как геометрико-кинематическая система с двигателем, вышесущим «во вне» (декартов бог); животные-автоматы; неизменяемое количества движения (а не работы), сохраняющегося при всевозможных внутренних перемещениях мирового механизма или «машин мира», — вот некоторые основные этапы этого влияния»⁸⁸.

В этой всеобще-механической схеме формировалось и новое понятие движения, послужившее основой для преобразования всей системы традиционной геометрии и создания аналитической геометрии. Понятие точки, описывающей определенную кривую, в силу того, что она принимает участие в двух независимых движениях (кинематическая геометрия), смыкается с понятием движения, которое в каждой точке может быть подвергнуто определенному воздействию (теория передаточного механизма) и возникает единая механо-геометрическая система, в которой алгебраически сформулированный (в потенции дифференциальный) функциональный закон оказывается универсальной формой теоретического представления предмета.

Подобно тому как универсальный механизм растворяет в своей всеобщности индивидуальные качества-сущности схоластической натурфилософии, новая геометрия полностью уничтожает качественную индивидуальность геометрических фигур, свойственную математике античной Греции. В алгебраической машине аналитической геометрии исчезает весь понятийный смысл квадрата и круга, различных классов конических сечений, сферы, куба и т. д.

Такое преобразование фундаментального геометрического объекта, с одной стороны, создавало формы, в которых можно было теоретически представить новый предмет, новое (дифференциальное) понятие движения. Понятие цельной, завершенной внутри себя геометрической формы, в параметрах которой уже заданы все возможные движения системы, превратилось в понятие формулы-функции, которая фиксирует закон движения. Закон же движения, определяет движение в самой способности его формироваться так или иначе при наличии тех или иных условий (связей, сочетаний с другими движениями). Геометрическая форма утратила всеобщность и стала единичным геометрико-кинематическим объектом, подобно тому как физическое тело стало еди-

ничным событием причинно обусловленного сочетания различных механических движений. С другой стороны, абстрактность алгебраической аналитики часто воспринималась как утрата предмета вообще.

В результате теоретическая физика грозила вырождаться в бессмысленное манипулирование со знаками с целью получения эффективного практического результата. При этом эксперимент терял бы обе свои функции — сократовскую и предметно-преобразующую. Он превратился бы либо в средство утилитарно-эмпирического поиска, либо в формально-эмпирический корректор абстрактно-алгебраических схем, выступающих в роли псевдосодержательных гипотез.

Утрату предметного и смыслового аспекта, которую претерпевает теоретическая физика при таком уничтожении геометрической формы, ученые почувствовали сразу. Так, при всей свободе, с которой Кеплер относился к понятию формы планетной траектории, он резко отрицательно относился к первым алгебраическим идеям. Кеплер указывает прежде всего на прикладной и узко-технический характер алгебраических методов. Здесь мы получаем результат, ничего не узнавая о предмете и о том, каков его смысл. Алгебра, заявляет он, «совершенно оставляет без внимания понятия различия геометрических объектов»⁸⁹. Аналогичные основания выдвигал против аналитической геометрии Лейбниц⁹⁰.

Вместе с тем и для Кеплера, и для Лейбница было ясно, что система геометрических объектов, переданная новой физике античной мыслью, должна быть радикально преобразована на основе более всеобщего принципа. Эта попытка сохранить понятийную (индивидуально-качественную) специфику геометрических объектов (а следовательно, и экспериментальный смысл самого геометрического мышления) при разработке единой геометрической системы, в которой геометрические объекты должны производиться единым способом, привело к созданию основ проективной геометрии. У Кеплера это выразилось в теории конических сечений, производимых посредством перемещения фокусов. У Лейбница основы проективной геометрии заложены в его *analysis situs*.

Однако непосредственный и наиболее продуктивный контакт новой механики и новой геометрии имел место, безусловно, в аналитической геометрии Декарта, в развитии понятия функции и в разработке дифференциального образа движения. Формирование нового понятия движения (и нового предмета физики-механики) проходило, как мы видим, не только в физических, механических, но и в идеально-геометрических экспериментах. Идеализованный эксперимент непосредственно затрагивает те математические сущности, в которых он протекает, и в равной мере преобразует и их. Традиционный геометрический образ в процессе теоретико-механического экспериментирования сам обогащается новыми определениями и обнаруживает новые свойства, вступает в новые от-

ношения с другими математическими объектами, что ведет к перестройке всей традиционной математической системы. Именно потому, что в кинематической геометрии Декарта механика неявно вошла в геометрию, сама механика могла быть явно геометризována.

И на этот раз понятие движения оказывается центральным и связующим звеном между физикой и математикой. Подобно тому, как в античной физике мы нашли специфическую форму теоретизирования в том, каким способом чисто геометрическая задача оказывается вместе с тем механической, теперь мы находим соответствующее тождество и в фундаменте новой физики. Аналитическая геометрия Декарта построена как система, в которой идея геометрического построения (или алгебраического уравнения) формирует та же самая идея движения, которая выступает в механике в виде принципа инерции и функционального определения реальной траектории движения. В механической теории движения объединяются естественная физика, всеобщая механика и кинематическая геометрия.

Ученик Галилея, автор трактата «Геометрия неделимых», Бонавентура Кавальери говорит о механике только как о «науке о движении» или о «познании движения». «Сколь важно познание движения в природных вещах,— пишет Кавальери,— и какое большое значение оно имеет для правильного философствования, полагаю, ясно всякому, кто в этом великом Театре природы хоть раз обращал свой взор на его удивительные красоты... Поистине это есть глубочайшее учение, над которым достойно потрудились самые высокие умы, когда-либо существовавшие на свете; ведь им казалось, что тот, кто в точности постиг это учение, тот становится способен определенным образом понимать все действия Природы и проникать в их существо. А сколько привлекает к этому знание математических наук, которые, по суждению знаменитейших школ пифагорцев и платоников, совершенно необходимы для познания физических явлений, надеюсь скоро станет очевидным, благодаря науке о движениях (*dottrina del moto*), которую превосходнейший исследователь Природы сыннер Галилео Галилей обещал изложить в своих «Беседах»»⁹¹.

Математика и эксперимент

А. Идеализация и реальный эксперимент

Антиномическое тождество механики и математики, новой механики, основанной на принципе инерции движений, и новой кинематической геометрии,— тождество, аналитические основы которого разрабатывал Декарт,— для Галилея реализовалось скорее в формах синтетической деятельности. Для Галилея суть вопроса сводилась главным образом к созданию, конструированию, изобре-

тению геометро-кинематической схемы механического события. Сама теоретическая работа развертывалась как открытие и наглядное обнаружение теоретических определений в процессе мысленного экспериментирования с этим идеально сконструированным объектом. Теоретический мир раскрывается при этом как совокупность свойств, которыми обладает исходный идеализованный объект или же, лучше сказать, как совокупность свойств, которые идеальный объект приобретает в процессе мысленного экспериментирования с ним. Даже теория местного движения, которую участники «Бесед» изучают на протяжении Третьего дня по книге Академика, — теория, изложенная в аналитической форме аксиом, определений, теорем и следствий, в большей части своих предположений представляет собой не что иное, как результат синтетического, мысленно-экспериментирующей работы по раскрытию различных свойств движения по наклонной плоскости. Поэтому в тексте «Книги», в которой теоремы следуют друг за другом с видимостью дедуктивной последовательности, естественно встраиваются «Задачи», решение которых может быть представлено как одна из теорем, а сами теоремы, рассматривающие различные ситуации движения по наклонным плоскостям, могут быть сформулированы как задачи.

Формирование исходного геометро-механического объекта имеет целью построение такой конструкции, в которой механические определения движения можно было бы поставить в однозначное соответствие с геометрическими параметрами. Поэтому исходные теоремы и задачи устанавливают прежде всего, что импульс (или скорость), приобретаемый телом, пропорционален высоте и только высоте наклонной плоскости, а времена движения относятся как длины наклонных плоскостей. В результате любая механическая задача получает геометрическое решение и, наоборот, любое чисто геометрическое построение приобретает механический смысл.

В конце Третьего дня «Бесед» Сагредо сопоставляет книгу Академика с трудом Евклида и удивляется, что движение тел не было предметом исследования такого рода вплоть до нынешних времен. «Я твердо верю, — продолжает он, — что, как немногие свойства круга, установленные в третьей книге «Элементов» Евклида... послужили исходным пунктом для обнаружения множества других, более скрытых соотношений, так и то, что изложено и доказано в настоящем кратком трактате, попав в руки других пытливых исследователей, укажет им путь ко многим удивительным открытиям...» (II, 303).

В этом и состоит основное значение конструктивной, синтетической деятельности Галилея. Он создал впервые систему тех идеализованных объектов, геометро-механических схем и исходных мысленных экспериментов, в работе с которыми и развертывался мир теоретической механики. Последующие теоретики — Гюйгенс, Роберваль и другие — уже имели перед собой эти пред-

меты-инструменты и двигались в двух направлениях. Во-первых, они продолжали синтетическую и мысленно-экспериментальную работу Галилея, открывая новые свойства наклонной плоскости, маятника, баллистической кривой и изобретая новые механо-геометрические объекты. Во-вторых, по мере создания такого мира теоретических объектов разворачивалась аналитическая работа, в которой исследовались всеобщие условия существования таких объектов, т. е. фундаментальные законы, лежащие в основе их функционирования. Здесь проходил путь создания основ всеобщей механики.

Но первоначальной работой, «выламыванием подходящих кусков мрамора» новая физика обязана главным образом Галилею. Сверх того, она обязана ему также и выяснением содержательного значения такого «выламывания», т. е. синтеза исходных предметных идеализаций. Ведь то, что на первый взгляд выступает как простое освобождение явления от помех и фиксирование его в «чистом» виде, — работа, казалось бы, предварительная и не касающаяся сущности самого «очищаемого» предмета, — на самом деле, как мы уже имели возможность убедиться, являясь работой изменения, преобразования, разрушения «естественного» объекта и построения нового объекта, который нельзя разглядеть «естественными» глазами, подобно тому как нехудожник не может разглядеть в глыбе мрамора статую Давида. Это противоречие обнаружится яснее, если мы вдумаемся поглубже в само положение экспериментатора.

Его намерением является познание природы, т. е. мира «естественных» объектов. Однако он начинает это познание с того, что разрушает по меньшей мере естественную связь вещей (рассматривает движение тела, отвлекаясь от его формы или же от взаимодействия с окружающей средой), а затем и саму вещь как таковую. Он ставит свой эксперимент в «искусственных» условиях. А это не значит ли, что он как раз лишает себя возможности узнать вещь в ее природе, в ее естественном состоянии (вспомним античное понимание теоретического созерцания)? Но экспериментатор-теоретик смотрит на природу своими математическими глазами и находит, что именно «естественное» состояние вещи скрывает ее истинную природу, ее всеобщую субстанцию. Он должен разрушить и идеализировать ее непосредственную «натуру», чтобы в форме теоретически-всеобщего и необходимого знания открыть ее истинную, безусловную и объективную суть.

Именно это противоречивое отношение между реальным предметом физического исследования и тем идеальным объектом, каковым он является для теоретического зрения, и составляет источник всех парадоксов, конфликтов и недоразумений, с которыми имеет дело генеалогия эксперимента. Мы не можем сконструировать никакой идеальной модели, не проводя многочисленных реальных наблюдений и экспериментов, и вместе с тем ни одно из этих наблюдений не имеет никакого смысла вне той

идеальной схемы явления, которая только и позволяет интерпретировать результаты любого реального опыта. Результаты идеализованных экспериментов должны быть проверены в реальных наблюдениях, но проводить эксперимент реально следует в таких условиях и с такими предостережениями, которые, во-первых, определены самой идеальной схемой, и во-вторых, суть не что иное, как возможно полная реализация тех самых идеальных условий, идеальность которых и потребовала реальной проверки мысленного эксперимента, проведенного в этих условиях.

Непонимание взаимозависимости этих двух моментов или их взаимомисключающего отношения и послужило источником многочисленных недоразумений, которые были выдвинуты современниками Галилея, да и им самим. С подобным непониманием связан также часто вопрос, мучающий современных историков физики: производил ли Галилей на самом деле свои опыты или же, как заявляли некоторые исследователи⁹², они были нужны Галилею только для того, чтобы убедить других? А если не производил, то как мы можем понять замечания, повсеместно разбросанные в сочинениях Галилея, о том, что «в доказательных науках» обычный порядок начинает с попыток удостовериться в заключениях с помощью опытов и наблюдений и лишь потом переходит к теоретическому доказательству (I, 148). Ведь там, где Галилей приступает к новой и неизведанной области, речь прежде всего идет об опытах. Так, на Шестой день «Бесед», когда Сагредо и Сальвиати приступают к труднейшей теории удара и место Симпличио занимает «сведущий» человек Апропио, Сальвиати обращается к нему с такими словами: «Так как мы собрались сегодня для беседы специально об ударе, то сыню Апропио, вероятно, скажет нам, к каким заключениям пришел он относительно этого вопроса на основании опытов, а также не откажется дать обещание сообщить при случае и о других опытах, произведенных по другим поводам. Я знаю, что в них не было недостатка, ибо наш Академик всегда был экспериментатором не менее прилежным, чем любознательным» (II, 382).

Широко известно письмо Вивани принцу Леопольду Медичи (1659 г.), в котором ученик Галилея рассказывает, как двадцатилетний Галилей наблюдал за движением лоты в пизанском соборе и нашел, что большие дуги она описывает с тем же периодом, что и малые. Как затем, придя домой, он воспроизвел этот опыт, варьируя длину нити и вес подвешенных шаров (II, 444)⁹³.

Подробно обсуждалось также, производил ли Галилей свой легендарный опыт на пизанской башне⁹⁴ и в результате каких наблюдений он пришел к выводу, что скорость свободного падения растет пропорционально времени, а не дистанции⁹⁵.

Трудность же начинается тогда, когда пытаются реально проверить те самые «реальные» опыты, которые описывает Галилей. Первый же пример даст нам об этом представление. Когда на

Второй день «Диалогов» Сальвиати дает первый набросок теории свободного падения, он между делом замечает: «... Положим, что мы собираемся произвести вычисление относительно чутяного ядра в сто фунтов, которое, как показывают повторные опыты, падает с высоты ста локтей в пять секунд» (I, 323). Комментатор русского издания замечает по этому поводу, что если отвлечься от сопротивления воздуха, то тело должно пройти около двухсот локтей, т. е. величину вдвое большую, чем указанная Галилеем. «Разницу следует, вероятно, объяснить не столько сопротивлением воздуха, сколько ошибками в определении малых промежутков времени, достаточно трудным в ту эпоху» (I, 618).

Обратим внимание на знаменитый опыт, исследующий движение по наклонной плоскости, с целью обосновать закон свободного падения.

Сальвиати «в обществе нашего Автора» много раз производил следующий опыт. «Вдоль укаой стороны линейки... длиной около двенадцати локтей, ширину пол-локтя и толщиной около трех дюймов, был прорезан канал, шириною немногим больше одного дюйма. Канал этот был вырезан совершенно прямым и, чтобы сделать его достаточно гладким и скользким, оклеен внутри возможно ровным и полированным пергаментом, по этому каналу мы заставляли падать гладкий шарик из твердшей бронзы совершенно правильной формы. Установив изготовленную таким образом доску, мы поднимали конец ее над горизонтальной плоскостью когда на один, когда на два локтя и заставляли скользить шарик по каналу» (II, 253). Время же измерялось при помощи пульса и клепсидры. Струйка воды, вытекавшая из ведра, снабженного отверстием, взвешивалась «на точнейших весах». В результате ожидаемые данные полностью подтвердились и не было замечено сколько-нибудь заметных отклонений (II, 254).

Мы видим здесь в совершенстве продуманный и, по-видимому, не раз действительно исполненный эксперимент. «Правда, — замечает комментатор русского перевода «Бесед» И. Б. Погребынский, — теперь нас смущают ссылки на то, что все подтверждалось на опыте вполне точно, что нельзя было уловить разницу во времени «даже на одну десятую времени бисения пульса и т. п. ...» (II, 460).

Такие утверждения Галилея смущали уже и его современников, когда они пытались проверить как те опыты, которые он подробно описывал, так и те, которые были фундаментальны для его теоретических утверждений⁹⁶. И опять-таки Галилей мог бы воскликнуть: «Перед моими глазами открывается нечто совершенно иное, чем перед вашими». Нас уже не могут удивить выводы, которые делает из таких опытов перинатетическая наука. Например, профессор философии в Болонье иезуит Джабатиста Риччиоли, (кстати тот самый Риччиоли, который «экспериментально подтвердил» закон изохронности колебания маятника и впервые по формуле Галилея сконструировал маятник, период

которого равнялся одной секунде⁹⁷) являлся раз и навсегда путем прямого испытания решить проблему тяжелых тел. При этом он вполне создает особенности экспериментального искусства. Он высмеивает «полу-эмпириков», которые не знают, как провести опыт, чтобы его результатам можно было доверять. Он берет два шара — один из глины, другой из бумаги — обмывает их сверху известно так, чтобы их размеры и формы были одинаковыми, и сбрасывает их с высоты примерно ста метров (башня Азинелли в Болонье). Он повторяет эксперимент 15 раз и с несомненностью устанавливает, что тяжелые тела падают быстрее легких, хотя соотношение скоростей и не аристотелевское. (Ниже мы разберем, как строит соответствующий эксперимент сам Галилей.) Риччиоли, кроме того, проводил опытное исследование закона падения и установил его справедливость с точностью, превосходящей точность самого Галилея⁹⁸.

Однако недоумение высказывалось также и не только со стороны перипатетиков (которые, как мы видели, как раз довели опыт до возможного совершенства), а людьми, весьма искусными в методах и теориях новой физики, такими, как Декарт и Мерсенн.

Еще в 1634 г., когда Декарт впервые познакомился с «Диалогами» Галилея и нашел в них «некоторые из его собственных мыслей», в частности закон пропорциональности пространств, проходимых тяжелым телом при падении, квадрату времен, он замечает: «... Это то, что я говорил с большими ограничениями, так как в действительности это никогда полностью не верно, в противоположность тому, что он думает доказать»⁹⁹.

В том же письме к Мерсенну Декарт пишет: «Что касается указанных Вами опытов Галилея, я их все отрицал. И пушечное ядро, выстреленное с вершины башни, должно опускаться гораздо медленнее, чем при падении по отвесу («сверху вниз»), потому что оно на своем пути встречает больше воздуха, и это мешает ему не только двигаться параллельно горизонту, но и опускаться»¹⁰⁰.

И Мерсенн был полностью согласен с Декартом. Попытавшись воспроизвести опыты Галилея, он пришел к следующему выводу. «Я сомневаюсь, что сенъор Галилей производил опыты с падением по наклонной плоскости, поскольку... пропорция, которую он дает, часто противоречит опыту... Те, кто видел наши опыты и помогал в них, знают, что их нельзя произвести с большой точностью и в отношении прямизны и гладкости плоскости, и в отношении прямизны падения, и в отношении округлости и веса шарика, и в отношении падений; откуда можно заключить, что опыт не способен породить науку, что нельзя слишком полагаться на одно рассуждение, потому что оно никогда не соответствует явлениям, от которых оно часто удаляется»¹⁰¹.

Непонимание природы экспериментальной идеализации и содержательной сущности геометро-механической схемы явления

было характерно, как видим, даже для такого специалиста в этой области, как Декарт. Здесь сказалась его основная слабость — слабость конструктивно-экспериментального воображения или синтетического ума. Тот аналитический дедуктивный методологизм, за отсутствие которого прежде всего критиковал Галилея Декарт, привел его в области конкретных физических исследований к весьма ординарному варианту эмпиризма (см. описание его в VI части «Рассуждения о методе»¹⁰²).

И действительно, понять, что идеализованное представление объекта не просто позволяет более точно описать явление и не просто делает его доступным измерению, проверке числом, но, что прежде всего, оно радикально меняет сам образ явления, сложившийся в результате обыденного или специально поставленного опыта, — понять эту существенно преобразующую или конструктивную роль идеализации оказалось весьма трудно. Само понятие идеализации несет в себе эту двусмысленность, представляя дело так, будто предмет остается тем же самым и только, так сказать, подравнивается.

По причине такой двусмысленности и возникают несообразности, пример которой мы находим, скажем, у Маха. Описывая открытие Галилеем формы баллистической кривой и прекрасно понимая геометро-кинематический смысл этого открытия, Мах тем не менее утверждает, что к предположению о независимости двух движений, в которых принимает участие летящее ядро, «Галилей пришел внимательным наблюдением процессов», причем добавляет, что «оно (это предположение. — А. А.) подтвердилось в действительности»¹⁰³. Это не мешает Маху страницей дальше, объясняя многочисленные неудачи предшественников Галилея определить форму баллистической кривой, сказать: «Начало пути брошенного тела легко вызывает ложную иллюзию, будто скорость брошенного тела прекращает действие силы тяжести... Мы не замечаем в этой части падения тела и забываем о краткости соответствующего времени падения»¹⁰⁴. Как будто стоило лишь приглядеться повнимательней, чтобы обнаружить этот факт, и при этом не было необходимости в сложнейшем понятии мгновенной скорости, бесконечных степеней медленности и т. д., на которые Галилей тратит столько сил в «Диалогах» и «Бесedah» и без которых невозможно дать теорию баллистической кривой. Несколькими позже мы подробнее остановимся на этой проблеме.

Идеализация не просто абстрагирует естественный предмет от «приходящих» помех (для Декарта воздушная среда не была приходящим обстоятельством, почему он и не мог понять экспериментов Галилея), но поистине формирует предмет, до тех пор не существовавший (?). И лишь после этого можно определить нечто как «помеху», «препятствие» и т. д.

Предельная идеализация (возможная, конечно, только в мысли, в мысленном продолжении реальной идеализации) превращает реальную чувственную «приблизительность» предмета в абсо-

лотную точность предмета математического (для геометрии — не совсем круглый круг не круг, а *другая* фигура). Поэтому, хотя дело идет как будто о непрерывном продолжении реального эксперимента в мысленный, тем не менее между реальным событием и идеальным существует принципиальная разница.

Для идеального объекта всякое отклонение требует решительного пересмотра всей схемы, ибо нарушение в идеальном объекте носит для него столь же роковой характер, как и изменения на теоретическом небе Аристотеля. Причем совершенно не важно, будет ли это отклонение малым или большим, «так как если совершенство заключается в форме, то один волос нарушает его столь же, как и гора» (I, 478).

Поэтому взгляд на одно и то же механическое явление наблюдателя или даже естествоиспытателя бэконовской традиции будет принципиально отличаться от взгляда на то же явление экспериментирующего теоретика. Последний не просто доводит наблюдение до такой степени точности, чтобы результат можно было выразить числом, он не будет, например, вычислять, насколько в действительности тяжелое тело опережает легкое, но он смотрит на это реальное событие, *имея в виду* событие идеальное (падение весомой точки в пустоте). Так же точно, как геометр знает, что сумма углов треугольника равна двум прямым, хотя он ни разу не получал этого заключения в качестве измерительного факта, физик видит в экспериментально воспроизведенном событии теоретическую определенность составляющих его идеальных форм и движений.

Это обстоятельство было ясно Галилею с самого начала. Еще в раннем трактате «О движении» (1589 г.) он, предвидя возможные возражения, писал: «Наши доказательства... должны быть ясными по отношению к телам, свободным от всех внешних препятствий. Но поскольку в действительности нельзя найти таких тел, то производный такой эксперимент не должен удивляться, если он потерпит неудачу...»¹⁰⁵.

В «Диалогах» этот парадокс рассмотрен подробно. После того как разобран один из наиболее трудных аргументов против собственного вращения Земли, а именно проблема центробежного движения, которое должно было бы оторвать от земли все земные тела, причем разобран этот аргумент был исключительно математически (позже мы вернемся к нему), Симплицио высказывает фундаментальное сомнение перипатетизма в том, что математические рассуждения вообще могут быть применимы к реальному физическому миру, в котором нет буквально ни одного соответствия геометрическим явлениям. Реально существующие чувственные треугольники не имеют углов, сумма которых составляет два прямых, материальные круги не круглы, сфера не касается плоскости в одной точке, и, например, касательная, проведенная к поверхности Земли на протяжении сотен локтей, будет идти, касаясь реальной земли и воды. На самом деле ме-

таллическая, например, сфера, положенная на плоскость, будет несколько сплюснута, да и сама поверхность вряд ли будет совершенно сферической из-за пористости вещества.

Сальвиати замечает Симплицио, что его аргументация бьет мимо цели, ибо он ведет свои доказательства, предварительно уничтожив предметы, к которым относятся утверждения, т. е. рассматривая искаженную сферу или не-сферу, искаженную плоскость или не-плоскость. Следовало бы утверждать, что в мире вообще нет таких вещей, как сфера и плоскость, но что, если бы они были, все математические утверждения были бы справедливы. И наоборот, деформируя эти геометрические объекты, можно было бы воспроизвести в абстракции реальное несовершенство материи. Поэтому, говорит Сальвиати, «философ-геометр, желая проверить конкретно результаты, полученные путем абстрактных доказательств, должен сбросить похмеху материи, и если он сумеет это сделать, то, уверяю вас, все сойдется не менее точно, чем при арифметических подсчетах» (I, 307). Заключительные слова этого поучения для Симплицио Галилей мог бы адресовать также и Мерсенну, Декарту, Гассенди: «Ошибки заключаются не в абстрактном, не в конкретном, не в геометрии, не в физике, но в вычислительном, который не умеет правильно вычислять» (там же).

Но при таком подходе (вспомним раз уже замеченный парадокс) не теряется ли сам смысл реального проведения эксперимента? Если весь смысл его в идеальной схеме, если «правильное вычисление» означает доведение — реальное и мысленное — чувственного опыта до такого вида, когда он уже почти (а в мысли и совершенно) не отличается от идеализованной схемы, то в чем же состоит сама проверка? Далее, если утверждения физической теории относятся к тому, что существует только условно, что по сути дела невозможно, то как можно использовать эти утверждения для объяснения реальных событий? Не попадаем ли мы в ситуацию античного теоретизирования?

Противопоставляя свою математическую физику традиционному аристотелизму, Галилей, как мы уже говорили, опирался на платоновскую традицию и постоянно сам на это указывал. Это дало повод многим историкам науки выдвинуть тезис о «платонизме» галилеевской теории¹⁰⁶. По-видимому, первым выдвинул такое положение А. Коппе¹⁰⁷. Он считает, что «Диалоги» и «Беседы» представляют собой не что иное, как переоткрытие платоновских математических структур, т. е. теоретических идей. По сути дела здесь не только строится новая физическая теория при помощи математических идеализаций, фигур и кривых, но и, наоборот, в деятельности Галилея традиционный платонизм находит свое обогащение и подтверждение. «Новая наука является для него (для Галилея.—А. А.) экспериментальным доказательством платонизма»¹⁰⁸. Большинство историков и философов науки, называя Галилея платоником, не имели в виду, собственно говоря, ничего большего, чем ведущую роль, которую играет

в методе Галилея математика. Кассирер, Барт, Кромби могли бы согласиться с профессором А. Р. Холлом, когда он говорит, что «урок галилеевского платонизма состоял в том, что математика есть язык природы»¹⁰⁹. Л. Ольшки, как нам кажется, дал более тонкую трактовку вопроса.

Ольшки прежде всего обращает внимание именно на метод идеализации и на природу самой идеальной вещи у Галилея. Дело не просто в использовании математики для трактовки физических вопросов, даже если математика и считается единственным языком природы.

Именно метод идеализации, т. е. открытие в физическом явлении его идеи, того уникального вида события, в котором оно обнаруживает свою теоретическую истину, интеллектуальное содержание которого непосредственно есть понимание данного явления, — вот что подчеркивает Л. Ольшки в «платонизме» Галилея¹¹⁰.

Эта концепция, которая прежде всего основывается на более глубоком понимании самого Платона, позволяет Ольшки говорить о платонизме Галилея, имея в виду и более существенный философский аспект. В результате вместо внешних аналогий, касающихся роли математики, Ольшки усмотрел гораздо более глубокое и существенное сходство, которое обнаруживается в самом способе теоретизирования Галилея.

Было много споров в истории науки по поводу того, знал уже или не знал Галилей принцип инерции в его классическом виде. Как можно говорить о знании, когда у Галилея совершенно отсутствует его точная (да даже и приближительная) формулировка? Именно этого вопроса и касается замечание Ольшки. «...Закон инерции, — говорит историк, — является у Галилея полученной из расчлененных явлений движения интуицией, которая как таковая не нуждается в языке абстракций. Все неясности и недостатки, указываемые историками физики или историками научной деятельности Галилея с точки зрения исторической динамики с ее аксиомами и определениями, становятся понятными, если принять во внимание, что основная абстракция галилеева учения о движении есть полученная на основании наблюдений и выводов из них *идея, теорема* в первоначальном значении этого слова, платоновская концепция, которая как таковая используется и излагается дидактически наглядным образом»¹¹¹.

Именно такое, более точное выяснение смысла галилеевского «платонизма» позволило Ольшки отнестись к этому определению достаточно критично и признать, что о «платонизме» можно говорить, имея в виду, скорее, общие методологические устремления, чем реальное сходство теоретических систем¹¹².

В действительности гораздо важнее и продуктивнее попытка фундаментального различия «математики» и «теорем» Платона и Галилея, чем констатировать отдельные черты их сходства. А такое различие, вне всякого сомнения, существует и касается прежде всего проблемы эксперимента.

В последнее время историки галилеевской физики почувствовали все недостатки концепции Койре. В книге «Галилео: человек науки», изданной к четырехсотлетию юбилею Галилея, основные методологические статьи посвящены критике теории «платонизма». Критика обращает внимание, во-первых, на то, что понятие идеи у Платона отнюдь не исчерпывается математическим образом, а представляет собой, скорее, теоретическую интуицию, которую не так-то легко объективировать. Числа и геометрические фигуры представляют собой только вехи на пути к ней или ее вспомогательные средства.

С другой стороны, отношение между «числом» и «вещью» у Платона радикально отличается от отношения между идеализацией и реальным явлением у Галилея. И в этом, пожалуй, для нас суть дела.

И прежде всего у Платона вообще отсутствует (как мы это и отмечали в первой главе нашей работы) обратное движение — от идеальной формы «эйдоса» к реальной вещи. Может быть, именно потому, что этот момент упускался в анализе творчества самого Галилея, концепция «платонизма» и получила широкое распространение.

Для Платона формирование чистого объекта, идеального образа есть не только формирование понятия объекта, но и по существу первые открытие объекта самого по себе. Исходный чувственный и множественный мир утрачивает при этом вообще статус сущего, т. е. чего-то подлежащего теоретическому объяснению. Эксперимент как, как мы его описали в первой главе, призван к тому, чтобы сформировать из чувственного материала правильный (определенный числом-формой) предмет, по которому можно было бы «припомнить» «теорему» предмета, т. е. мысленно созерцаемую вид-идею, истинную форму предмета.

Галилей точно так же понимает, что предельно-изолирующая мысленно-экспериментальная ситуация имеет дело с идеализованными объектами (о которых идет речь в теории). Поскольку же определения физической идеализации имеют математический характер (например, гладкость-плоскость), то в этом смысле математическое как бы внедряется в само сущностное нутро предмета¹¹³. Но в противоположность Платону, Галилей понимает также и *номиналистическую усвоенность* этого мира физико-математических идеализаций. Он понимает, что «сущностным» объектам можно приписать существование лишь постольку, поскольку они — геометро-кинематические схемы и идеализации — могут служить теоретическими *идеями* реальных предметов и существовать в качестве *экспериментальных идей*, преобразующих и как бы раскрывающих реальный предмет.

Сверх того, — и это самое важное — идея движения, идея, которая, как мы не раз замечали, и образует необходимый мостик между математическим миром идеализаций и реальным физическим миром, у Галилея радикально отличается от идеи движе-

ния в античности. Позже мы увидим, какие следствия вытекают из этого для эксперимента.

В связи с тем, что галилеевская идеализация понимается как нечто, принципиально непредметное и абстрактное, но вместе с тем, как то, что имеет свою реальность в действительно существующих вещах, возникает мысль об «аристотелизме» самого Галилея, ибо такое отношение между математическим и реальным объектом характерно, как мы помним, для самого Аристотеля.

К этому выводу приходит в своей статье, посвященной методологии Галилея, Доминик Дюбарль. Рассмотрение мысленной схемы как программы-идеи реального эксперимента, как принципа идеализации реальных явлений ставит Галилея ближе к аристотелевской концепции, чем к платоновской¹¹⁴. Галилей в этом смысле является тем, кто открыл истинное единство платоновского и аристотелевского методов, разумеется, радикально их переработав. Если за идеальным математическим объектом признается *сущность*, то момент *существования* остается за реальным, чувственным предметом, и эксперимент оказывается их реальным объединением — идеальной сущностью, обнаруживающейся в реальном критическом преобразовании реального же предмета.

Платоновская *идея* более не считается конечным результатом познания, а немедленно превращается в инструмент исследования реального аристотелевского *предмета*. Вместе с тем и сама «идея» как нечто сущее ввергается в процесс эксперимента и обнаруживает сущность более глубокого порядка.

Мысль о галилеевском методе, а следовательно и о методе всей новой физики, как о синтезе платонизма и аристотелизма оказалась довольно популярной. В 1970 г. автор статьи, критически рассматривающей концепцию платонизма Галилея, приходил к следующему выводу: «Без сомнения, аристотелевская и платоновская доктрины боролись друг с другом за власть в галилеевском мышлении, но он нашел, что ни одна из них не соответствует его собственным целям... Скорее именно синтез обоих подходов дал науке базис для создания нового мощного метода, который только в последующий век привел его к внушительному интеллектуальному и социальному подъему»¹¹⁵.

Мы здесь не будем оспаривать саму манеру складывать новое явление из обломков и абстракций прошлых культурных феноменов с тем, чтобы таким образом установить историческую преемственность¹¹⁶. Обратимся лучше к деятельности самого Галилея и проанализируем подробнее, какой же смысл имели для него математическая сущность физического процесса и ее предметно-экспериментальное существование.

Б. Математическая абстракция или физическая сущность?

Каково же действительное отношение между реальным экспериментом, его идеальной схемой и теми математическими объектами (точка, траектория, плоскости...), которые представляют собой строительный материал этих схем? Можно согласиться со следующим утверждением французского исследователя творчества Галилея: «Диалог, установившийся между опытом и математикой, предполагает непрерывный взаимобмен между фактами и их понятийной структурой (intelligibilité), так что ни один только опыт, ни обособленная математика не могут присвоить себе право выносить решение о ценности того или иного знания»¹¹⁷. Но каков «язык» этого диалога? Каковы условия, при которых он может иметь место? Можно ли согласиться с концепцией, будто в этом диалоге происходит просто совершенствование математических гипотез и постепенная подгонка их к реальности? Не выступает ли теоретический субъект этого диалога более самостоятельно, когда он «снимает помеху материи», т. е. идеализует предмет в эксперименте и тем самым впервые создает условия для возможного «диалога»?

Сверх того, как предмет в эмпирическом опыте мог бы сам по себе высказаться на теоретическом языке? Не должен ли теоретик сначала дать ему этот язык, т. е. превратить в теоретический предмет? Но, в таком случае, в чем же в этом диалоге специфика второго — предметного — голоса?

Поскольку диалог ведется на «теоретическом» языке, т. е. свидетельства опыта становятся свидетельствами лишь после того, как будут интерпретированы и истолкованы на языке теоретических понятий, субъектом диалога в целом является, разумеется, сам теоретик. Теоретик, идеализируя предмет, не просто упрощает его, он рассматривает его в таких условиях, где эмпирический, чувственный предмет сам обнаруживает в себе нечто нематериальное, то, что обладает формой понятия. Так, вместо того, чтобы анализировать движение бревен по земле и пытаться лишь мысленно отвлечься от неровностей самого бревна, от трения о землю и т. д., а такое отвлечение необходимо, ибо предмет теоретика — движение вообще (тела вообще по плоскости вообще), а не этот единичный случай перетаскивания бревна, вместо того, чтобы эмпирически классифицировать и «обобщать» такие движения (перемещение бревен, камней, повозок и т. п.), теоретик сам строит тот всеобщий случай, который может ему реально в таком идеализированном виде, не встретиться. Он исследует движение шара по наклонной плоскости, ситуацию, в которой каждое предметное определение (угол наклона плоскости и ее высота, вес скатывающегося шара и его размер) имеет в равной мере смысл и определенность теоретического понятия.

Но тот же самый процесс *теоретизации предмета* есть в ином

аспекте процесс *объективирования понятия*. Так в данном случае в движении по наклонным плоскостям объективируется неуловимое понятие «импетуса» (импульса). Понятие становится предметом, с ним можно обращаться, как с предметом, и когда мы испытываем такой предмет, исследуем его в разных условиях и связях, мы в действительности экспериментируем с понятием, т. е. открываем, обнаруживаем такие его определения, о которых раньше не знали. Однако теперь более вразумительно раскрылся и сам процесс возникновения знания в эксперименте. Ибо, мы видим, эксперимент есть в равной мере как действие с предметом, так и действие с понятием, поскольку его исходной точкой является *предмет-понятие*.

Поскольку предмет экспериментирования с самого начала конструируется по схеме *понятия*, предшествующего эксперименту в форме теоретической идеи, его результатом и может быть *новое понятие*. Но именно потому, что это понятие было представлено как *предмет*, в *предмете*, в его самостоятельной отличности от «субъективного», мы получаем в эксперименте понятие *предмета* или объективное знание. В результате эксперимент, который сначала выглядел как «произвольное» конструирование предмета и опровержение с ним, как кантовское наложение архитектоники человеческого разума на посторонний этому разуму мир вещей, обнаруживает и противоположную сторону. Это связывание разума с вещами оказалось небезопасным для самого разума. Создавая условия возможного опыта, идеализируя предмет опыта, теоретический разум в конечном счете сам «воплощается» в предмет и поэтому сам оказывается предметом исследования (проверки, изменения). Этот двойственный процесс — *преобразование предмета в условиях предельной (идеальной) изоляции с целью его теоретического познания и наглядно-предметная реализация понятия с целью его возможного изменения* — это критическое взаимообоснование или взаимозамещение предмета и понятия и составляет *логическую суть эксперимента*.

Может быть, в этой связи нам станет более ясным прекрасное высказывание Гете: «...Эксперименты — это посредники между природой и понятием, между природой и идеей, между понятием и идеей. Рассеянный опыт слишком прижимает нас и мешает достигнуть хотя бы понятия. Каждый эксперимент уже теоретизирует. Он вытекает из понятия или тот час же устанавливает его»¹¹⁸. Экспериментатор идеализирует предмет не ради абстрактного упрощения. Его идеализация конструктивна, синтетична, идейна. Он также и *усложняет* предмет, поскольку в предельности идеальных условий открываются свойства объекта, скрытые в его эмпирической наличности.

Даже первоначальное наблюдение и казалось бы чисто эмпирическое испытание нового предмета всегда насквозь теоретично, т. е. ведется под определенным «углом зрения» (I, 171), с определенной идеей, с теоретическим замыслом. Все опыты, относящиеся

к проблеме «удара», которые Сальвиати и Сагрето обсуждают с Апролио, не имеют ничего общего с перечислением, классификацией или обобщением разных явлений удара. Они жестко и определенно направлены к одной цели — к отысканию такого «чистого», идеального явления удара, в котором его сущность обнаружилась бы ближе всего, т. е. к отысканию (или, точнее, изобретению) такого события, в котором явление удара было бы тождественно с его понятием и могло бы в дальнейшем экспериментировании раскрыться как закон¹¹⁹.

Идеализованный объект и схема эксперимента опосредуют, как мы уже замечали, переход от наблюдения и опыта к теоретическому утверждению и от «теоремы» к действительному событию. При наличии мысленно-экспериментальной подоплеки реальный опыт не просто *показывает* факт, но всегда уже и *доказывает* теорему. Наоборот, теоретическое мышление здесь еще не *доказывает* свои утверждения (отсутствует ведь сама теоретическая система — аксиомы, основоположения, законы), а лишь *показывает* их в виде идеально экспериментальных событий.

Теоретическое утверждение не может быть удостоверено простым наблюдением. Его предварительная истинность (недоказанная истинность) сказывается в способности изобрести, сконструировать такой идеальный предмет, в котором наше утверждение становится наглядным как свойство предмета. В этом и заключается синтетическая деятельность мысленного построения объектов для возможного теоретического анализа — деятельность, которая управляется теоретической идеей, присутствующей как физическая пронизательность и экспериментальная искусство¹²⁰, иными словами, как экспериментальная интуиция. Именно в этой интуиции и следует, пожалуй, искать природу галилеевского гения. Способность изобрести такой мысленный предмет, спроектировать такой мысленный эксперимент, благодаря которому новое физическое понятие приобретает *предметную достоверность* (хотя и не встречается ни в одном предмете обыденного опыта), так что в нем можно быть уверенным, с одной стороны, без опыта (мысленный предмет), с другой — без доказательства (мысленно *созерцаемый* предмет), ибо не существует еще никакой теоретической системы (механики), в которой его можно доказать¹²¹.

К изобретению таких мысленных предметов и экспериментов и сводится в большинстве случаев процесс «доказательства», которое делает для Симплицио убедительными первоначально немые утверждения. Именно изобретение новых, не только не существующих, но даже поначалу и невообразимых предметов и ситуаций — камень, падающий вдоль шахты, прорытой через центр Земли, движение в пустоте, прохождение всех степеней медленности и т. д. — составляет исходный момент экспериментирования вообще.

Но это-то изобретательство и приводит к открытию таких реальных ситуаций, в которых реальные условия максимально

близки к идеальным. При этом идеализация, состоящая в упрощении, очищении феномена от случайных, несущественных обстоятельств, в сущностном отношении приводит как раз к усложнению и обогащению объекта, поскольку в предельных условиях эксперимента открываются такие его стороны и аспекты, которые не дают о себе знать «в норме». Так, движение по наклонной плоскости в ее идеальном варианте мы можем рассматривать как упрощение реального случая, как результат отвлечения от трения, сопротивления воздуха, момента катящегося тела и пр. Но вместе с тем именно благодаря идеализации движение по наклонной плоскости лишается своей единичной определенности и становится таким предметом, в котором непосредственно обнаруживаются фундаментальные законы движения, т. е. природы самой по себе.

Может быть, одним из наиболее блестящих экспериментов Галилея является эксперимент с маятником. Но имеет ли он смысл простого изучения маятника как такового с целью получения известной формулы? Никоем образом. Маятник появляется всегда в наиболее важные моменты, ибо является одним из наиболее синтетических идеальных объектов. Достаточно напомнить классические опыты, демонстрирующие сохранение импульса (зависимость импульса только от высоты). Поскольку анализ движения по наклонной плоскости не обнаруживает этого с достаточной наглядностью, оставляя утверждение в области весьма вероятных заключений здравого смысла, Сальвати говорит: «Я иду дальше признания вероятности и стараюсь подкрепить его опытом, чтобы это мало чем отличалось от непреложного доказательства» (II, 246). Он рассматривает движение маятника, когда на перпендикуляре, проходящем через точку подвеса, на пути нити маятника вбивается еще один гвоздь, который позволяет продолжать движение только нижней части нити. «И вот, синьоры,— говорит Сальвати,— вы с удовольствием увидите, что шарик маятника достигнет той же самой горизонтали, с уровня которой он был пущен» (II, 247).

Но, может быть, самым гениальным было использование маятника для демонстрации одного из наиболее трудных утверждений Галилея о независимости скорости падения тел в пустоте от их веса. Это «изобретение» маятника — поистине, шедевр конструктивного воображения Галилея.

После того, как Сальвати предложил несколько мысленных экспериментов, «доказывающих» независимость скорости падения тел в пустоте от их веса (мы коснемся их позже), он оставляет попытки прямой идеализации явления (падения тела) и переходит к более сложному построению. Он разбирает сначала трудности запроецированного эксперимента. При этом теоретическая идея (независимость скорости падения от веса) и мысленные условия (пустота) выступают в качестве критериев проекта. Проект не должен остаться простой и неубедительной мысленной

абстракцией, которую в принципе нельзя проверить ни на каком опыте. Интуитивная убежденность, полученная в предшествующих попытках прямой идеализации (можно заключить «с большой вероятностью» (II, 173), «я убежден» (II, 174), говорит Сальвати), становится здесь конструктивным принципом, а предметность — критерием убедительности. Дело заключается в том, чтобы изобрести предмет, реальные свойства которого максимально близки к идеально необходимым.

Основным препятствием для осуществления прямого опыта является среда. Следовательно, изучая падение тел с больших высот, мы никогда не получим чистого результата, так как весьма существенны ошибки, вносимые средой. Если же бросать тела с малых высот, то трудно уловить разницу, поскольку невозможно точно отмерять время. «Поэтому,— говорит Сальвати,— я пришел к мысли повторить опыт с падением с малой высоты столько раз, чтобы, отмечая и складывая незначительные разницы, могущие обнаружиться во время достижения конца пути тяжелым и легким телом, получить в итоге разницу не только просто заметную, но весьма заметную. Затем, чтобы иметь дело с движением по возможности медленным, при котором уменьшается сопротивление среды, изменяющее явление, обусловленное простой силой тяжести, я придумал заставлять тело двигаться по наклонной плоскости, поставленной под небольшим углом к горизонту... Идя далее, я захотел освободиться от того сопротивления, которое обуславливается соприкосновением движущихся тел с наклонной плоскостью» (II, 181). Итак, условия возможного конструирования даны. Но вместе с ними почти уже обрисовался тот предмет, который может дать максимальное приближение к этим условиям. Тело, которое много раз проходит по наклонной плоскости малой высоты и при этом не касается самой плоскости,— это, разумеется, шарик маятника с длиной нити и малыми амплитудами. «Для этого,— продолжает Сальвати,— я взял, в конце концов, два шара — один из свинца, другой — из пробки, причем первый был в сто раз тяжелее второго, и прикрепил и подвесил их на двух одинаковых тонких нитях длиной в четыре или пять локтей» (там же). Теперь уже нетрудно было установить изохронизм колебаний обоих маятников, причем было ясно, что при уменьшении амплитуды или при увеличении длины нити соответствие будет возрастать.

Дело, таким образом, сводилось непосредственно к изучению движения маятника, но таким способом конструированный маятник значил в теоретическом отношении куда больше, чем просто идеализованный маятник. Он обнаруживал в себе, в своей единичности всеобщий закон движения. Благодаря такому построению маятник включен в сложный теоретический контекст и тем самым впервые получил такое содержание, которое до этого нельзя было различить при любой тщательности наблюдения. И тот же самый маятник, который мы мыслим как абстракцию, как ре-

с одной стороны, теоретическое содержание этих предметов (физическую сущность этих реальных событий), с другой — то, что в этих предметах как бы видимо и ощутимо или может быть обнаружено в процессе их экспериментального изменения. Мы нашли далее, что процесс идеализации только тогда приводит к построению реального эксперимента, когда исследователю удается сам этот процесс воспроизвести в предмете. Ведь если он «отвлекается» чисто мысленно, разрушая предметность события, он тем самым лишает себя возможности экспериментировать с результатом идеализации как с предметом. Только в том случае, если удастся построить такой объект, который как бы *сам себя идеализирует*, мы, приближаясь к теоретической схеме, не теряем предметность.

Но как возможна такая самоидеализация предмета? И что такое то предметно-беспредметное, к которому она приводит?

Анализ того, как это происходит, полностью открывает синтетическую (т. е. «прибавляющую», а не только «убавляющую») природу экспериментальной идеализации.

В процессе эксперимента, т. е. исследования предмета в изменяющихся условиях, практически мы весьма ограничены в возможностях такого изменения. Весь же смысл экспериментирования состоит в том, чтобы охватить *все* условия. А для этого не так важно *каждое* реализуемое условие, как те *крайние* условия, в которых предмет ставится на грань своего предметного существования и которые на практике не реализуются. Но именно они и обеспечивают полную теоретического рассмотрения. Только в этом случае выступает яснее всего роль мысленного эксперимента, в котором мы можем продолжать изменять условия в нашем воображении. А это мы можем сделать потому, что знаем поведение предмета в процессе приближения к таким идеальным условиям.

Таким образом, идеализация выступает как область предельных (или запредельных) состояний, а реальный предмет идеализируется рассмотрением его в перспективе условий, бесконечно приближающихся к идеальным. *Переход к идеализации носит характер предельного перехода.*

Исследователь не будет просто абстрагироваться от сопротивления среды, он будет рассматривать процесс (падение камня, например) в средах все меньшей и меньшей плотности, имея в перспективе бесконечно разреженную среду. В том, что тела падают в пустоте независимо от веса, Галилей, как мы уже упоминали, убедился, рассматривая именно такого рода реально-мысленный эксперимент. Когда Сальвати выдвигает свое утверждение о том, что при устранении сопротивления среды все тела будут двигаться с одинаковой скоростью, Симпличио, для которого сомнительность такого утверждения особенно велика, замечает, что его ведь невозможно проверить. На это Сальвати и выдвигает проект эксперимента с предельным переходом. «Для того, чтобы доказать требуемое,— говорит Сальвати,— необходи-

мо было бы пространство, совершенно лишенное воздуха или какой бы то ни было другой материи, хотя бы самой тонкой и податливой. Так как подобного пространства мы не имеем, то станем наблюдать, что происходит в средах, более податливых, и сравнивать с тем, что наблюдается в средах менее тонких и более сопротивляющихся» (II, 172). Если разница в скорости падения будет уменьшаться по мере перехода к более тонким средам, то «с большою степенью вероятности можно будет заключить, что в пустоте скорость падения всех тел одинакова» (II, 173).

Далее, абсолютный синхронизм маятников, доказывающий то же утверждение, есть также предел, к которому можно бесконечно приближаться, уменьшая амплитуду качания или увеличивая длину нити. Нереальная ситуация движения тела по горизонтальной плоскости без трения становится реально воображимой в качестве предельного случая движения по наклонным плоскостям. При этом становится как бы видимым инерциональное движение тела, которое само оборачивается теоретическим понятием, объясняющим движение по наклонной плоскости. Теоретическое понятие, реально не существующее, становится видимым в перспективе бесконечной экстраполяции мысленного эксперимента, и обратное движение по тому же пути становится экспериментальным эквивалентом теоретического вывода. Теоретическое понятие оказывается не только принадлежностью теоретизирующего субъекта, но и собственным определением предмета, его физической сущностью.

Поскольку предмет, взятый вместе со своими «запредельными» (теоретическими) определениями, и выступает теперь в качестве *целого* предмета, нам будет ясно, что идеализация просто открывает невидимую сторону предмета, его свойства, *взятые на бесконечности.*

В связи с этим должно быть существенно переосмыслено отношение между математическими и физическими определениями. Уже не так трудно сделать вывод, что именно в своем «запредельном» состоянии предмет приобретает математические определения, что он вообще тяготеет к превращению в математический объект, настолько существенными оказываются для него его идеальные измерения. В теоретическом эксперименте, т. е. в опыте с предметом, имеющим теоретико-интерпретирующий проект и мысленное продолжение «в бесконечность», физический предмет идеализуется, приобретает определения, имеющие математический характер, а все, что связывает его с его собственно *физическим существованием*, также свертывается в несколько фундаментальных определений (масса, сила...), как бы отсутствующих с определениями идеально-математического характера. Мы можем долго шлифовать физическую плоскость, но только геометрическая плоскость представляет собой *бесконечно* гладкую поверхность. Когда мы говорим поэтому об абсолютно гладкой по-

верхности, мы совмещаем в одном объекте два разнородных определения: математическое определение плоскости и физическое определение тела.

Если обнаружить физическую сущность предмета возможно в предельных условиях, где ставится под вопрос само существование предмета и где предмет приобретает не свойственные ему в эмпирическом существовании идеальные, геометрические определения, то, напротив, в сфере определений сущности (движение точек в пустоте под действием точно-дифференциально действующих сил) собственно геометрические определения должны сосуществовать с такими, которые позволяют воспроизвести сущностное идеальное событие в эмпирическом мире существования.

Строение идеального физического объекта раскрывается в строении эксперимента. Реальный опыт присоединяется к мысленному так, чтобы дать сущностной форме предмета, «взятого абсолютно» (II, 204), ту «материальную» добавку, которая делает эту форму существующей и тем «подтверждает» (или «опровергает») ее.

Такое понятие об идеальном геометро-механическом объекте, как о предмете, «взятом абсолютно», мы находим во Втором дие «Бесед», где речь идет о материальных балках, рычагах и колоннах (набросок «новой науки» — сопротивления материалов). Возможность дать геометрическую схематизацию любого реального случая является здесь условием теоретического рассмотрения вообще. Со всем изяществом архимедовского метода Галилей строит геометрические схемы традиционных задач сопромата, используя простое понятие центра тяжести (II, 203—205). Снова, как и у Архимеда, это понятие, соединяющее в себе геометрическое определение точки с физическим определением центра сил, оказывается ключевым для мысленно-экспериментального решения предметно-практических задач (см., например, II, 341).

Может быть, именно здесь, где рассмотрение ведется как будто чисто феноменологически, мы ясно видим физический смысл геометризации. Речь идет об одном из наиболее любопытных разделов «новой науки» — теории механического подобия. Простая геометро-механическая идеализация позволяет выяснить «причину» разной сопротивляемости подобных тел, тогда как никакие опыты и описания не могли дать этому объяснения. Опыты и наблюдения лишь «побудили» Сальвати заняться этой проблемой. Работа же состояла в отыскании такого предельного случая, который бы непосредственно открыл геометро-механическую суть явления. «Прежде всего,—начинает Сальвати свое рассуждение,—я докажу, что среди подобных и весомых призм и цилиндров имеется только одно тело, которое находится (под действием собственного веса) на границе между тем, чтобы сломаться или оставаться целым...» (II, 243). Именно анализ этого пограничного случая позволяет точно определить пропорцию, которой дол-

жно удовлетворять реальное тело, чтобы быть прочным. Отсюда прямой путь к изучению сопротивления разных материалов, которое было бы подкреплено постоянным и грубым ошибкам без такой теории механического подобия.

Везде, где мы рассматриваем предельную ситуацию с целью открытия физического механизма, физической причины, физической сущности, мы находим геометрические структуры и математические соотношения. Они не «применяются» для простого «описания», для «более точного» выражения понятий и без того найденных «чисто физическим» исследованием. Они и составляют конкретное выражение этих понятий. Очень хорошо эту мысль высказал И. Лакатос: «Я думаю, что если мы хотим изучить что-нибудь действительно глубоко, то нам нужно исследовать это не в его «нормальном», правильном, обычном виде, но в его критическом положении, в лихорадке, в страсти... Ведь только так можно ввести математический анализ в самое сердце вещей»¹²².

Предельная ситуация, будь она экстраполяцией в бесконечность, предельным переходом, нахождением граничных случаев и т. д. есть фокус физического эксперимента. И будучи полностью сфокусированным в таком пределе, физическое явление обнаруживает свою сущность с четкостью математической структуры. Всякое физическое понятие, лишенное математической определенности, есть расфокусированная мысль, смутная и искаженная (математическая форма сама становится в формальной логике предметом теоретического анализа). Физика явления, рассказанная на пальцах, в лучшем случае, есть лишь смутная интуиция математической конструкции.

Отчетливее всего эта математическая природа физической сущности выступает в удивительнейших и фантастических рассуждениях Первого дия «Бесед». Здесь мысленно-экспериментальное доказательство, геометрическое обоснование и раскрытие самой физики явления так тесно переплетаются, что их трудно вообще разделить. Исходная задача формулируется просто и определено: «...Нам надлежит рассмотреть, что, собственно, происходит, когда ломается кусок перса или другого тела, части которого прочно связаны между собою» (II, 120—121). Сразу же отмечается, что возможность экспериментирования предопределена тем, что для каждого тела существует граница прочности. Но вопрос немедленно упрощается в проблему причин связности, материальной структуры тел и других «вещей, более удивительных, чем наши первоначальные положения» (II, 124). После ряда остроумных экспериментов (которые заслуживают отдельного рассмотрения) выясняется, что каждое тело имеет специфическое сопротивление на разрыв (причем мерой этого сопротивления может служить длина нити, сделанной из этого материала, которая обрывается под действием собственного веса), отвергается аристотелевская «боязнь пустоты» как единственная причина спешения тел. И тем не менее приходится констатировать, что нельзя при-

думать никакой иной причины сцепления тел, кроме пустоты, ибо, будь причина материальна (например, «клеи»), пришлось бы снова спрашивать о причине ее собственного сцепления.

Одним из важнейших механических представлений Галилея было утверждение, что как угодно большой груз может быть преодолен как угодно малой силой, суммированной во времени или в пространстве (II, 8). Теперь он использует это представление, чтобы показать, как бесконечно большая сумма бесконечно малых сил может составить конечную силу сопротивления. Так возникает известная атомистическая картина структуры материи, в которой атомы разделены бесконечно малыми пустотами. «...Хотя эти пустоты имеют ничтожную величину и, следовательно, сопротивление каждой из них легко преодоляемо, но неспешность их количества неспешно увеличивает сопротивляемость...» (II, 131). Парадокс состоит в том, что конечная сопротивляемость может быть получена из бесконечного числа бесконечно малых пустот. Такая физическая парадоксальная задача разрешается Сальвиати чисто геометрическим путем.

Сальвиати проводит мысленный эксперимент с двумя концентрическими кругами, которые катятся по двум своим параллельным касательным («аристотелево колесо»). И в то время, как больший круг развертывает по касательной свою окружность, малый круг проходит путь, больший длины своей окружности. При этом малый круг не совершает никаких дополнительных оборотов и каждой своей точкой касается каждой точки касательной. На примере двух концентрических шестигульничков Сальвиати показывает, что путь, проходимый малым шестигульничком, составлен из отдельных касаний и пропусков. Переходя к другим многоугольникам и затем в пределе к кругу, он получает вывод, что увеличение пути происходит за счет того, что к каждой точке касания присоединяется «точка» («бесконечно малая пустота») пропуска. Т. е., присоединив к отрезку бесконечно много бесконечно малых пустот, мы получили увеличенный, но конечный отрезок.

Поэтому «если допустить предельное и крайнее разложение тела на лишённые величины и бесчисленные первичные составляющие, то можно представить себе такие составляющие растянутым на огромное пространство путем включения не конечных пустых пространств, а только бесконечно многих пустот, лишённых величин» (II, 135).

Отсюда же вытекает и другое не менее парадоксальное «физическое» свойство: если суметь удалить из тела эти бесконечно малые пустоты, то оно в принципе может скаться до объема как угодно малого. «Такое уплотнение бесконечного множества бесконечно малых частей без взаимного проникновения конечных частей и расхождение бесконечного множества бесконечно малых частиц с образованием неделимых пустот представляет собой все, что можно сказать об уплотнении и разрежении тел, не прибегая

к допущению взаимного проникновения частей тела или к образованию пустот конечной величины» (II, 156).

Мы привели этот пример не для того, чтобы обсуждать его «физический смысл», а с целью пояснить развиваемую на этих страницах мысль о математической природе мира физических существностей. Этот мир так же точно отделен от мира обычного физического опыта, как свойства бесконечных объектов далеки от свойств конечных. При этом затруднения возникают в силу того, что, «рассуждая нашим ограниченным разумом о бесконечном, мы приписываем последнему свойства, известные нам по вещам конечным и ограниченным» (II, 140). Весьма заблуждается тот, «кто желает наделить бесконечное теми же атрибутами, которые присущи вещам конечным, в то время как эти две области по природе своей не имеют между собой ничего общего». И поэтому каждая «конечная величина при переходе в бесконечность» должна при преодолении этой бесконечной разницы испытывать противодействие природы (II, 145). Однако именно таким переходом, как мы видели, является экспериментальная идеализация. Именно такое отношение бесконечного различия существует между теоретическим понятием и физическим предметом. Поэтому в эксперименте происходит не просто уточнение имеющихся физических знаний или приобретение новых. В эксперименте наши обычные представления изменяются, причем не отчасти, а «бесконечно». Способность в реальном эксперименте выйти в мир идеальных определений есть способность пересекать границу бесконечного.

В заключение же мы рассмотрим еще один случай, который хотя и решен Галилеем при помощи не совсем корректных рассуждений, но метод его рассмотрения чрезвычайно показателен. Мы имеем в виду доказательство того, что центробежная сила сущности вращения Земли не в состоянии отбросить от поверхности Земли никакое тело.

Исследование проблемы ведется путем сравнения двух несуществующих, но потенциально возможных движений. При этом надо доказать, что движение тела вниз преодолевает движение его по касательной к поверхности Земли.

Рассматривая оба движения, Симплицио в беседе с Сальвиати приходит, наконец, к выводу, что для отрыва тела от Земли движение по касательной должно быть таким, чтобы тело могло удалиться от Земли быстрее, чем падать. При этом он дает примерное отношение скоростей по касательной и вниз — миллион. «Вы так говорите, — замечает Сальвиати, — и говорите ложь единственно по незнанию не логики, или физики, или метафизики, но лишь геометрии...» (I, 297). Если бы Симплицио знал геометрию, ему было бы известно, что по мере приближения к исходной точке промежутки между касательной и окружностью убывают до бесконечности и быстрее, чем соответствующие отрезки касательной. Но Сагрето замечает в этот момент, что ведь скорость падения будет соответственно также убывать до бесконечности по мере

приближения к точке касания. Причем неизвестно, какая бесконечность пересилит.

Далее следует ошибочное, но блестящее рассуждение Сальвиати. Он начинает строить ни в какой ситуации не воспроизводимую дифференциальную картину этого несуществующего события. Он строит систему координат, в которой можно рассматривать оба движения. По горизонтали, где совершается равномерное движение, откладываются отрезки времени, по вертикали — степени скорости, растущие в линейной зависимости от времени. Эти степени, как очевидно, убывают до бесконечности по мере приближения к исходной точке. Чтобы доказать искомое соотношение, надо показать, что отрезки (здесь ошибка, следовало бы рассматривать соответствующие скорости. — А. А.) между касательной (осью абсцисс) и поверхностью Земли тоже убывают до бесконечности, но до такой бесконечности, «которая превосходила бы»¹²³... бесконечность уменьшения скорости падающего вниз тела» (I, 300). Но угол, образованный касательной и дугой окружности, убывает значительно быстрее (мы бы сказали — является бесконечно малой второго порядка), чем соответствующие степени скорости. «Итак», — говорит Сальвиати по этому поводу, — пусть заметит синьор Симпличио, как хорошо можно философствовать о природе без геометрии» (там же). И Сагредо заключает: «Понистине, рассуждение весьма тонкое и в такой же мере убедительное; надо признаться, что попытка трактовать естественные проблемы без геометрии есть попытка сделать невозможное» (I, 302). И, как все понимают, не потому, что не будет доставать точности, доведенной до числа, и не потому также, что физическое понятие без математического выражения нельзя будет включить в логическую систему теории и тем строго доказать, но прежде всего потому, что мы не сможем вообще составить себе никакого действительного понятия о сущности физического явления, не сможем «философствовать о природе», т. е. просто-напросто — физически мыслить.

Внутри самого теоретического опыта (а не в «языке теории») мы находим математическую конструкцию и связываем с ней определения физической сущности явления. Но это только одна сторона дела. На предыдущих страницах мы не раз уже замечали возникающие здесь парадоксы (см. стр. 206—207; 229—230). Фундаментальной особенностью исследовательского эксперимента новой физики — в отличие от «наблюдающего» эксперимента античной науки и «истолковывающего» эксперимента средневековой — является наличие и «другой стороны». Если мы до сих пор только долго и подробно занимались преимущественно проблемой идеализации и ролью мысленного эксперимента, то для этого были две причины. Во-первых, именно в этом отношении можно установить внутреннюю связь столь глубоко различных феноменологически форм теоретического опыта, свойственных разным эпохам научного мышления. Во-вторых, именно эта сторона обычно оста-

ется в тени при историческом или гносеологическом описании экспериментальных наук Нового времени, а между тем без понимания предельно идеализирующей функции эксперимента, по нашему убеждению, невозможно понять также и действительную функцию реального эксперимента, ибо ее смысл определяется во внутреннем конфликте с первой.

В контексте нашего исследования возникающую проблему можно сформулировать так: какое отношение между предметом и понятием (в частности, между физическим и математическим) устанавливается в исследовательском эксперименте в отличие от «платоновского», «аристотелевского», «реалистического» или «гноминалистического»?

Если исследовательский эксперимент целенаправлен «идеальными сущностями», то каким образом он может еще испытывать и проверять эти сущности? С другой стороны, если это математические объекты, как они могут быть «физическими сущностями»? В самом деле, откуда возьмется «физический смысл» у математических объектов самих по себе? Ведь в какой-нибудь кривой, построенной в декартовых координатах, не записано, что ее можно интерпретировать как траекторию тела в пустом пространстве с таким-то распределением действующих на тело сил. Ведь один и тот же набор дифференциальных уравнений может с равным успехом описывать самые различные по природе физические системы.

Поэтому для современного теоретика вообще характерно понимать математику как язык теоретических рассуждений, как некое внешнее предмету средство его теоретического описания. Физик лишь приписывает математическим терминам физическое значение, сами же по себе они относятся к предметам так же, как слова относятся к вещам, которые они называют. Современное понимание математизации, в особенности в таких областях, как биология, экономика, социология, т. е. там, где предмет по интуитивно вкладываемому в него смыслу не может быть предельно (математически) идеализован, сводится к *применению* математических средств, математического языка для формулировки закономерностей, наблюдаемых в предмете. Напротив, в фундаментальных областях теоретической физики, в которых математическая структура оказывается непосредственно физически осмысленной, господствует «реалистическая» тенденция, например, пантеоматризм, теоретико-групповой подход («эрлангенская программа»)¹²⁴.

Так воспроизводится в современной физике контрверза «реализма» и «гноминализма». Но в новой физике эта противоположность лишь косвенно выражает действительную проблему. Внимательный разбор экспериментальной ситуации кажется нам более верным путем.

Путь, на котором исходный предмет изолируется, испытывается, преобразуется с целью его понимания — будь это попытка

предельно-отчетливо распознать предмет в его естественном бытии, или попытка предельно-осмысленно истолковать предмет в его сверхъестественной сущности, или попытка в предельной идеализации открыть механическую сущность явления,— этот путь, на котором понятие выступает целью испытания и по сравнению с исходным аморфным объектом или случайным явлением предстает в качестве подлинного вида предмета или его сущностного измерения,— этот путь в разных формах общ всем трем типам теоретического мышления. Принципиальным отличием *исследовательского* эксперимента новой физики является наличие обратного хода, и это радикально меняет сам способ формирования понятий в опыте.

Если в искусственно-изолирующем, идеализирующем эксперименте я нашел некое «математическое событие» в качестве существенной (понятийной) схемы «физического события», то какой смысл может иметь обратная реконструкция по этой схеме возможного «физического события» с целью проверки полученного понятия? Не значит ли это, что здесь предмет и понятие меняются ролями: предмет в проверочном эксперименте выступает по отношению к испытываемому понятию как нечто (потенциально) *более истинное*, иными словами, как возможное *иное понятие* самого себя? Требование экспериментального подтверждения возможности реконструировать реальное физическое событие означает, что в процесс формирования теории необходимо ввести такие «понятия», которые принципиально обеспечивали бы исполнение этого требования, т. е. «представляли» в теории предметность в ее *неидеализуемом* статусе.

Если математическая конструкция (геометро-кинематическая схема) представляет собой сущностное определение физического явления, она тем не менее лишена сама по себе определений существования (см. стр. 219). Для того чтобы на ее основе реконструировать физический факт, необходимых дополнительных понятий, в которых можно было бы задать то, что называется начальными условиями. Таковы в классической механике понятия массы и силы. Они представляют собой то, к чему свелось в результате механической идеализации все *принципиально неидеализуемое*, все то, от чего изолировались в процессе эксперимента. Все это многообразие сосредоточилось, свелось в точку в простых определенностях силы и «меры инерции», природа которых обнаруживается только во *внешних* действиях и взаимодействиях, а не в самой себе (в этой неидеализуемости по природе они напоминают средневековые «сущности», скрытые качества, ответственные за действительное существование вещи).

Отношение между геометро-кинематической «схемой» и динамической «природой» воспроизводит в теории реальное отношение между теорией и предметом, иными словами, ситуацию исследовательского эксперимента. Понятие силы, без которой классическая механика перестает быть действительной теорией, присо-

единяется к кинематической схеме в качестве некоего постулата (обычно он обосновывается лишь метафизически). Динамический закон по отношению к природе «силы» и «массы» принципиально номиналистичен: они не математизируются в смысле Декарта, а лишь математически описываются. Поэтому любое реальное понятие в рамках классической механики в действительности складывается из двух форм — кинематической (определения сущности) и динамической (определения существования), причем эта последняя по отношению к первой в известном смысле внеатеоретична. Благодаря тому, что все определения существования связаны с реальными и эмпирически (внеатеоретически) накладываемыми на кинематику ограничениями динамического характера — задание масс, т. е. силового поля,— можно сказать, что механическое понятие становится действительным, иными словами объясняющим реальные физические события понятием, лишь там, где оно, соединяясь с *внепонятийными* характеристиками (а посредством служат «масса» и «сила» — эти носители физического смысла), реализуется в существовании. Иными словами, там, где оно выступает в ситуации реального, предметного эксперимента. И если, как мы говорили выше, предмет в предельной физической идеализации довершается до полного предмета, то, напротив, в реальной эмпирически существующей ситуации эксперимента механическое понятие довершается до действительного понятия, поскольку только в такой ситуации посредством него понимается нечто реально существующее (а оно тем самым проверяется, испытывается в своей действительности).

Предмет экспериментально познается, т. е. открывает в понятие свою теоретическую сущность, но парадоксальным образом понятие, реконструируя в проверочном эксперименте предмет, продолжает расти и не только меняется само, как бы «подгоняясь» к неизменному предмету, но и изменяет само понятие предметности, втягивая в круг эксперимента новые предметы, по отношению к которым оно является орудием исследования, а не только целью.

Этот рост теории в эксперименте может происходить в двух направлениях.

Поскольку природа силы остается существенно неопределенной и лишь описывается экспериментально задаваемым динамическим законом, теоретическая система классической механики, достигнув определенного уровня аналитической разработки и дедуктивной связности, получает номиналистическое истолкование. В качестве всеобщей теоретизирующей схемы (универсальной модели теоретического описания) она может теперь служить формальным средством для теоретического исследования немеханических сфер, точнее говоря, тех эмпирически констатируемых областей, в которых природа действующих сил и динамический закон иные, нежели в ньютоновской системе. Сугубо экспериментальные исследования распространяют механическую схему на

многообразие предметных областей (природа предмета выносится за скобки формальной схемы в понятие соответствующей силы). Это — экстенсивный эксперимент, который в особенности был характерен для эмпирической физики XVIII и начала XIX в.

Экстенсификация эксперимента основана на формализации классической механики и превращения ее в каноническую теорию. Однако не что иное, как это распространение экспериментальных исследований на основе канонической системы механики было единым изысканием в области природы той самой «силы», которая составляла краеугольный камень механической теории. Так, экстенсивный эксперимент становился экспериментом интенсивным, т. е. экспериментом над фундаментальной теоретической идеей, лежавшей в основе классической физики. Она в целом оказалась идеализацией, и следовало бы пересмотреть те предпосылки, допущения и ограничения, при которых только и возможна была подобная идеализация. Вновь стала явной экспериментальная сущность теоретико-физического мышления: теоретическая система, в которой познается предмет, сама несет в себе предметные, «перастворимые» в данной теории определения и, следовательно, неустранимо связана с реальным предметом в эксперименте. В этих экспериментах и в этих «предметных определениях» в теорию вносятся семя будущих теорий, иными словами, бесконечный, неисчерпаемый ни в каких теориях предмет.

ПРИМЕЧАНИЯ

К Введению

- 1 «...В то время как в классической физике выбор того или иного места для границы между объектом и измерительным прибором не связан с какими-либо изменениями в характере описания изучаемых физических явлений, в квантовой теории он влечет за собой изменения в этом описании». *Н. Бор. Избранные труды*, т. II, М., 1971, с. 189.
- 2 Исключить «снейное присутствие точки зрения» — значит явным образом исключить в теорию «объекта» возможные «точки зрения» на него, так сказать, проинтегрировать по всем возможным «точкам зрения». Странно, что этот радикальный шаг к тотальному теоретическому объективизму часто принимают за отказ физики от идеала объективного описания. Именно самостоятельный статус «субъекта» теоретического мышления по отношению к теоретической системе и ставится здесь под вопрос.
- 3 *Н. Бор. Избранные труды*, т. II, с. 68.
- 4 См., например, кн.: *Н. Бор. Атомная физика и человеческое познание*. М., 1961.
- 5 «Теория тяготения,— пишет А. Эйнштейн в «Автобиографических заметках»,— научила меня и другому: собрание эмпирических фактов, как бы обширно оно ни было, не может привести к установлению таких сложных уравнений. На опыте можно проверить теорию, но нет пути от опыта к построению теории. Уравнения такой степени сложности, как уравнения поля тяготения, могут быть найдены только путем нахождения логически простого математического условия, определяющего вполне или почти вполне вид этих уравнений». *А. Эйнштейн. Собрание научных трудов*, т. IV, М., 1967, с. 261.
- 6 *Н. П. Кононова, Г. А. Соколкин. Проблема тождества и принципа относительности*.— В кн.: *Эйнштейновский сборник*. 1967. М., 1967, с. 364.
- 7 См. *Е. Вигнер. Непостижимая эффективность математики в естественных науках*.— В кн.: *Е. Вигнер. Этюды о симметрии*, М., 1971, с. 182—198. *Н. Бурбаки. Очерки по истории математики*, М., 1963, с. 258.
- 8 Цит. по: *М. Бернштейн. А. Эйнштейн о научном творчестве*.— В кн.: *Эйнштейновский сборник*. 1968. М., 1968, с. 203.
- 9 Логико-гносеологическую запутанность вопроса можно проиллюстрировать, например, следующим тезисом А. Эйнштейна, которым резюмируется ход размышлений в статье «Физика и реальность» (1936 г.): «Физика представляет собой развивающуюся логическую систему, основы которой (основание I.— А. А.) можно получить не выделением их какими-либо индуктивными методами из опыта, а лишь свободным вымыслом. Обоснование (истинность) системы (основание II.— А. А.) основано (основание III.— А. А.) на доказательстве применимости вытекающих из нее теорем в области чувственного опыта (основание IV.— А. А.), причем соотношения между последними и первыми можно понять лишь интуитивно (основание V.— А. А.)». *А. Эйнштейн. Собрание научных трудов*, т. IV, с. 226.

- Пусть читатель вдумается в ход этой итоговой мысли, в которой буквально каждый шаг приводит к новой проблеме.
- ¹⁰ Термин И. Лакатоса. См.: *I. Lakatos. Falsification and the methodology of scientific research programmes*. — In: *Criticism and the growth of knowledge* (Ed. by I. Lakatos and A. Musgrave). Cambridge, 1970, p. 91—195; *I. Lakatos. History of science and its rational reconstructions*. In: *Boston studies in the philosophy of science*. VIII, 1970, p. 91—136.
- ¹¹ О роли мысленного эксперимента см., например, следующие работы — *Л. О. Валов. Мысленный эксперимент. «Ученые записки Тартуского государственного университета», вып. 124. Труды по философии, VI. Тарту, 1962. А. Б. Сахаров. Роль мысленного, воображаемого эксперимента в возникновении нового знания.* — В кн. «Очерки истории и теории развития науки». М., 1989. *К. Манершюльде. Место мысленного эксперимента в познании*. М., 1971. *И. С. Аверсеев и А. А. Лещенкин. Принцип наблюдаемости.* — В кн. «Методологические принципы физики». М., 1975, с. 481—462. *Т. Купл. A function for thought experiments.* — In: *L'aventure de l'esprit. Mélanges Alexandre Koyré*, vol. II Paris, 1964, p. 327—335.
- ¹² См.: *В. П. Визгин. Эпистемическая программа и физика*. М., 1975.
- ¹³ «...Движение познания от эмпирии к теории есть не отход от «данных» объектов к их замещению некоторым содержанием, конструируемым субъектом, а способ реконструирования подлинного содержания, которое не может быть адекватно выявлено на эмпирическом уровне». Философская энциклопедия, т. 4, с. 124. См. также: *В. А. Лекторский. Проблема субъекта и объекта в классической и современной буржуазной философии*. М., 1965, с. 41—66.
- ¹⁴ См. разработку этого тезиса в кн.: *П. Дюгам. Физическая теория. Ее цель и строение*. СПб., 1910, с. 224.
- ¹⁵ *А. Эйнштейн. Собрание научных трудов*, т. I. М., 1965, с. 7.
- ¹⁶ «...И мы, — говорит Г. Гельмгольц, — решаем вопросы, твердо ли тело, плоски ли его грани, прямы ли его ребра, с помощью тех же положений, которых фактическую верность хотим проверить опытом». *Г. Гельмгольц. О фактах, лежащих в основании геометрии.* — В кн.: *Об основаниях геометрии*. М., 1956, с. 366.
- ¹⁷ *Лагос. Сочинения*, т. 3 (I). М., 1971, с. 341.
- ¹⁸ *О. Нейсбауер. Точные науки в древности*. М., 1968, с. 131.
- ¹⁹ Кант, как известно, впервые отнесся к этой мысли со всей серьезностью. В предисловии ко второму изданию «Критики чистого разума» он даже дал под этим углом зрения нечто вроде краткого очерка «истории экспериментального метода», прибавив, что зарождение этого метода «не очень известно». *И. Кант. Сочинения*, т. 3. М., 1964, с. 85. Отмечая основные вехи в развитии теоретической мысли, Кант указывает на геометрию греков («...Свет открылся тому, кто впервые доказал теорему о равнобедренном треугольнике...»). Там же, с. 84), идеи Ф. Бэкона и эксперименты Галилея, Торричелли и Штала («Еснуд для всех естествоиспытателей возникла тогда, когда Галилей стал скатывать с наклонной плоскости шары с им самим избранной тяжестью...»). Там же, с. 85).
- ²⁰ *В. С. Библиер. Генезис понятия движения (в истории механики)*. — В кн.: *А. С. Арсенева, В. С. Библиер, В. М. Кедров. Анализ развивающегося понятия*. М., 1967, с. 111.
- ²¹ Это подробно показал *И. Лакатос* в своей книге «Доказательства и опровержения». М., 1967.
- ²² См.: *В. С. Библиер. Творческое мышление как предмет логики*. В кн.: *Научное творчество*. М., 1969, с. 187—220.
- ²³ См.: *И. Кант. Сочинения*, т. 3, с. 299—313. Раздел «Об основаниях различения всех предметов на phaenomena и noumena».
- ²⁴ См. об этом: *J. Hintikka. Logic, language-games and information*. Oxford, 1973.
- ²⁵ См.: *В. А. П. Визгин. Развитие взаимосвязи принципов инвариантности с законами сохранения в классической физике*. М., 1971, с. 18—29.
- ²⁶ См.: *И. А. Лятер. Декарт*. М., 1975, с. 33.

- ¹ Эту концепцию кратко и четко выразил И. Н. Веселовский в послесловии к сочинениям Архимеда: «Современное естествознание, по существу, основывается на трех принципах: экспериментальное установление фактов, рационально-логическое построение создаваемых теорий и установление соответствия с действительностью, наконец, возможность математических представлений процессов природы. Первый принцип был введен в жизнь западноевропейской науки XVII века, необходимость логических доказательств была признана учеными классической Греции, что же касается идеи математической предвидимости процессов природы, то она принадлежит вавилонской математике». *Архимед. Сочинения*. Пер., вступ. ст. и комментарии И. Н. Веселовского. М., 1962, с. 452.
- ² В. П. Зубов, анализируя некоторые признаки античного эксперимента, выделяет в качестве его характерной особенности подражание природе, т. е. воспроизведение явления в максимально естественных условиях. Вместе с тем он замечает: «Сила научной абстракции и обусловленная ею свобода отвлечения от случайной опыта и ограничивающаяся главным и существенным — эта черта характеризует высшие достижения греческой науки... Древность не знала специальных экспериментальных лабораторий, но принципы экспериментирования были ей хорошо известны». *В. Р. Зубов. Beobachtungen und Experiment in der antiken Wissenschaft*. — «Das Altertum», 1959, Bd 5, Heft 4, S. 232.
- ³ Чрезвычайно важным аспектом этих исследований было намерение излучать античную науку в сравнении с наукой древнего Востока — Вавилона и Египта.
- ⁴ Впрочем, когда речь не идет о строгом понятии опыта, то можно встретить также и следующие высказывания: «...Если бы ученые нашего времени уделили бы столько же внимания Галену и Птолемее, сколько Платону и его последователям, то они пришли бы к совершенно другим выводам и не изобрели бы мифа о замечательном свойстве так называемого греческого духа развивать научные теории, не прибегая к эксперименту или опытной проверке». *О. Нейсбауер. Точные науки в древности*. М., 1968, с. 153.
- ⁵ *E. Frank. Plato und die sogenannte Pythagoreer*. Halle (Saale), 1923, S. 12. См. также: S. 172.
- ⁶ *В. Л. Ван дер Варден. Пробуждающаяся наука. Математика древнего Египта, Вавилона и Греции*. М., 1959, с. 408.
- ⁷ *S. Sambursky. The physical world of the Greeks*. London, 1960, p. 6.
- ⁸ *Ibid.*, p. 2.
- ⁹ *Ibid.*, p. 236.
- ¹⁰ *Ibidem*.
- ¹¹ *Ibid.*, p. 234—235.
- ¹² См.: *H. Dingler. Das Experiment. Sein Wesen und seine Geschichte*. München, 1928, S. 19.
- ¹³ *Аристотель. Аналитика*. Пер. Б. А. Фохта. М., 1952, с. 287. Аналитика II, гл. XIX, 190 а. Ср. также: *Аристотель. Метафизика*, I, 1, 981a (19). В дальнейшем ссылки на «Метафизику» обозначаются традиционной пагинацией, в скобках указывается страница по изданию: *Аристотель. Метафизика*. Пер. А. В. Кубышкина. М.—Л., 1934.
- ¹⁴ *Аристотель. Метафизика*, I, 1, 981a31 (20). Подчеркивая отвлеченность теоретического мышления от непосредственной практики, Аристотель замечает: «В отношении к деятельности опыт, по-видимому, ничем не отличается от искусства; напротив, мы видим, что люди, действующие на основании опыта, достигают даже большего успеха, нежели те, которые владеют общим понятием, но не имеют опыта» (там же, 981a12—15). Можно сравнить это с замечанием Платона в «Полезаконии»: «...Мы должны признать, что эллины совершенствуют все то, что они получают от варваров» (987e, 3 (2), с. 498). *Платон. Сочинения* в трех томах. Под общ. редакцией А. Ф. Лосева и В. Ф. Асмуса. М., 1968—1972. Ссылки обозначаются традиционной пагинацией с прибавлением указания тома

и страницы по этому изданию). Платон хочет сказать здесь, что независимо от того, идет ли речь о практических знаниях или даже о богат, заимствованных у варваров, эллины — мастера в отыскании законов, оснований, принципов — всегда могут «теоретически» возвысить заимствованное «опытное» (практическое) знание.

¹⁵ О. Нейгебауер. Цит. соч., с. 167. См. сводку достижений вавилонской науки для периода 1800—400 гг. до н. э. на с. 111.

16 Платон. Государство, VII, 530a, 3 (1), (342).
17 А. Ф. Лосев. История античной эстетики (ранняя классика). М., 1963.

c. 50.

¹⁸ Платон. Филеб, 51 с. 3 (1), (66).

¹⁹ «Способность различать (διακρίνειν) — так Аристотель называет чувственное восприятие (αἰσθάνεσις) См.: Аналитика II, гл. 19. 99b31, с. 286—287.

²⁰ Платон. Государство, VII, 518d, 3 (1), (326).

21 *Аристотель. Метафизика*, I, 5, 985b21 (26): «...Пифагорейцы, занимавшиеся математическими науками, впервые двинули их вперед и, воспринявшие на них, стали считать их началом всех вещей». Ср. там же, 986a10 (27): «...Элементы чисел они предположили элементами всех вещей и всю величину признали гармонией и числом».

22. Собственно говоря, ничего подобного мы не найдем ни у самого Пифагора, ни у ближайших к нему учеников. Правда, Ипполит передает слова Аристотелевского, будто Пифагор «ввел у эллинов меры и весы». *О. А. Маковский*, *Докосарикти*. Первые греческие мыслители в их творениях, в священных законах, в науках и в свете новейших исследований, к. 1—111. Капельных, 1914—1919; к. 1, с. 74, А 12. (В дальнейшем при ссылках на это издание указываем сокращенно название (МЛ), часть, страницу и шифр формулы). Но только с некоторым вероятием можно приписать ему учение о чете и нечете и различие чисел по фигуре. Но уже Гипсаву, одному из учеников Пифагора, приписывают такие высказывания, как: «Оно — первый образец творения мира» (Ямвлих), МД, 1, 82, А 14, а также «слово, оплотненное учение о гармонии».

23 вполне определенное учение о числе есть нечто, гораздо характернее для пи-
фагорейцев. Число теснее и даже звуковое восприятие отдельных чисел
и составляет специфику пифагорейского «арифметизма». «Пифагорейское
число», — замечает А. Ф. Фосеа, — имеет, конечно, мало общего с современ-
ным понятием числа. Оно прежде всего неотделимо от вещей, а у мно-
жества арифметиков даже прямо тождественно с вещами. Оно не есть
просто результат счета, но всегда содержит в себе идею порядка и не-
отделимо от «столкнутной бедности». А. Ф. Фосеа. Цит. соч., с. 569.

24 мп III 34 В4

²⁵ МП, III, 36, В11.

²⁴ МД, III, 33. В2.

²⁷ МП, III, 34, В3.

²⁶ А. Ф. Лосев. Цит. соч., с. 269.

²⁹ Там же, с. 270.

30 В своей обстоятельной статье «Пифагорейское учение о музыке» (1906) В. Ф. Асеев писал: «Пробуждающая ликованна на русском языке в приложении к статье „Пифагорейское учение о музыке“» Ван дер Варден посвятил специальную главу разбору пифагорейских опытов. Мы отчасти уже цитировали ее. Изложил несколько подробнее ее содержание. Все исторические анекдоты о Пифагоре будто бы замешиваем гармонические соотношения при запевании музыкантов, звучавших в конканане, или его опыты с разными струнными инструментами, с монохордами и другими музыкальными инструментами, так и остаются анекдотами (разве что за исключением анекдота о монохорде, если только они действительно имели место). Так как и в остальных случаях, в пифагорейском учении физический абсурд оказывается при ближайшем рассмотрении философским абсурдом» (Асеев, 1906, с. 108). (Hirsch, 1962, S. 78).

Гиппас Метапонтский со своим учеником Ласом из Гермионы мог исследовать консонантные соотношения в опытах с сосудами, в разн

степени заполненными водой, если бы только они не стучали по ним, как рассказывают, а дули в горлышко соудо. Опыты с дисками, приписываемые тому же Гипсаксу, бессмысленны. Множество опытов собрано в «Музыкальном трактате» Псевдо-Аристотеля; они, по-видимому, и по отношению к реальным эмпирическим базисам пифагорейской теории гармонии, т. е. теории пропорционально-гармонического деления октавы. Таким образом, как отмечает Ван дер Варден, пифагорейцы первоначально исходили из повседневного опыта. Поскольку, однако, точные соотношения никогда не исполнялись в эмпирии, пифагорейцы скоро почувствовали необходимость дать «более теоретическое» (λογικότερον) обоснование. Это обоснование заимствует из опытных данных только то, что касается музыкальных тонов вообще могут соответствовать некоему тот факт, что музыкальным тонам вообще могут соответствовать некие отношения, численные соотношения. При этом было более важно установить, каковы эти соотношения. Высот и чисел. Поэтому существует известный разнобой в соответствии высот и чисел. В частности, Варден склонен отнести точное измерение длины струны, т. е. эксперименты на «каноне» (единичном монохорде) ко времени допифагорейского Аристоксена, т. е. уже после того как музыкальная теория приобрела почти завершенный вид, самое раннее — около 300 г. до н. э. Подробное описание опытов с монохордом, разделенном на 12 частей, так называемый канон, можно найти у позднееантичного теоретика музыки IV в. н. э. Гауденция, который приписывает эти опыты самому Пифагору. См.: A. Szabo. Anfänge der griechischen Mathematik. Budapest, 1969, S. 153.

³¹ Ясно, что то, что Архит называет математикой и что мы некритично также считаем просто математикой, отнюдь ею не было.

³² МД, III, 55, В4.

³³ Платон. Филеб, 17е, 3 (1), (19).

³⁴ «Пифагорейская теория музыки, как и все одновременно с ней возникшие физические теории (атомизм представляет типический пример), выросла не на почве точных экспериментов». *Б. Л. Ван дер Варден*. Цит. по сч., с. 410.

³⁵ См., например, *И. Г. Башмакова. Лекции по истории математики в древней Греции*. — «Историко-математические исследования, вып. XI. М., 1958, с. 245. *Э. Кальман. История математики в древности. М., 1961, с. 83.*

³⁶ A. Szabó. Op. cit., S. 224. На генетическую связь пифагорейской арифмологии с музыкальной теорией и практикой, с опытами исследованиями

акустического консонанса указывали ранее П. Таннери и О. Беккер. См.: *P. Tanner. Du rôle de la musique grecque dans le développement de la mathématique pure.*—In: *Memoire scientifique*. Bd III. Toulouse — Paris, 1912, p. 68—69; 83—89; *O. Becker. Zur Geschichte der griechischen Mathematik*. Darmstadt, 1965, S. 143.

³⁷ A. Seidenberg. The Ritual Origin of Geometry.—«Archive for history of exact sciences». 1962, vol. 1, N 5, p. 488.

³⁸ A. Tayler. Forms and Numbers.—«Mind», vol. 35, 1924, p. 412; vol. 36, 1927, p. 12.

¹⁹ «Принципиально не может быть у греков такой философии, которая не была бы эстетикой, и такой эстетики, которая не была бы в то же время философией и именно «первой философией». А. Ф. Лосев. Очерки античного символизма и мифологии. М., 1930, с. 84—85.

⁴⁰ МД. III, 16, В2.

¹¹ Исследование «Дорифора», в котором прослежены мельчайшие и детальнейшие пропорции его, проведено А. Калькманом. *A. Kalkman. Die Proportionen des griechischen Kunst. Berlin 1893 S. 36—37.*

⁴² Античная музыкальная эстетика. Вступительный очерк и собрание текстов — проф. А. Ф. Посева. М. 1960 с. 22.

⁴³ Евклид. Начала, кн. VII, опр. 1. Цит. по: Начала Евклида. Пер. и комментарии Д. Д. Мордухай-Болтовского при редакционном участии И. Н. Велесовского. М., 1949, кн. VII—X, с. 9. По поводу перевода этого известного определения см.: E. M. Bruins. Printing and reprinting of theories contrary to facts and texts — «Janus». Revue Internationale de l'histoire des sciences,

de la médecine, de la pharmacie et de la technique. Brill/Leiden, 1970, LVII, N 2-3, p. 134-149. Уточнение, которое вносится Врейсом в перевод, суажает общность определения, но не меняет его смысла.

⁴⁴ Б. Л. Ван дер Варден. Цит. соч., с. 162.

⁴⁵ Можно привести в этой связи следующее высказывание Галена по поводу полихлота «Канона»: «Получить без труда навык узнавать центр (τό μέσον) в каждом роде живых существ и во всем существующем не является делом кого полагало, но — такого человека, который крайне трудолюбив и который может находить этот центр при помощи длительного опыта и многократного познания всех частейностей». Цит. по кн.: А. Ф. Лосев. История античной эстетики, с. 306.

⁴⁶ «Древность не имела никакого знакового языка, но вспомогательное средство для того, чтобы сделать наглядной как эту, так и другие операции, имела в геометрическом изображении и трактовке общих величин и тех операций, которые следовало с ними предпринимать, H. Zeuthen. Die Lehre von der Kegelschnitten im Altertum. Kopenhagen, 1886, S. 6.

⁴⁷ А. Ф. Лосев. Цит. соч., с. 307.

⁴⁸ И. Н. Веселовский в предисловии к сочинениям Архимеда и в комментариях к книге Ван дер Вардена отмечает наличие как бы двух направлений в первоначальной греческой математике. Они обнаруживаются в том, что в книге I «Начала» употребляются два типа равенства. В одном случае равными считаются фигуры, совпадающие при наложении (конгруэнтные), в другом — равнодлинные. Первый тип равенства характерен для традиции «егиπτской математики» (доказательство посредством стягивания фигур и наложения ее частей друг на друга) и связан, по мнению Веселовского, с вавилонским научным наследием. Второе — более свойственно итальянской пифагорейской школе и генетически связано с египетской «модулярной» математикой. Веселовский замечает, что Самос, родина Пифагора и первоначальный центр пифагорейской школы, был центром инженерии, архитектуры и скульптуры и теснейшим образом связан с Египтом. Именно здесь два скульптора сделали в разных местах две половины статуи так, что они точно подошли друг к другу. Наконец, идея вспорождающей единицы и исследование целочисленных пропорций также соответствуют, по Веселовскому, модульному подходу. Напротив, как считает историк, геометрические построения при помощи циркуля были введены ионийскими учеными, если не Фалесом, то Энопидом Хиосским (См.: Б. Л. Ван дер Варден. Цит. соч., с. 445; Архимед. Сочинения. Предисловие, с. 18-19).

Мы должны заметить, что доступные нам и просмотренные нами материалы не могут быть приведены в согласие с концепцией И. Н. Веселовского. Во-первых, как мы намерены показать, как раз для пифагорейства середины V в. до н. э. не свойствен тот своеобразный математический атомизм, о котором говорит исследователь. Напротив, проблема иррациональности постоянно находилась в их поле зрения. Во-вторых, только длительная арифметическая практика уже в своей геометрико-алгебраической форме может привести к выработке идеи некой абстрактной общей единицы, которую следует познать в развитии геометризма, не свойственного пифагорейству V в. до н. э. Наконец, модулярность египетской техники в корне противоречит антропоморфизму и пластическому воззрению классической Греции, что в особенности подчеркивает А. Ф. Лосев в «Истории античной эстетики», с. 307.

⁴⁹ При делении в геометрическом отношении получается значение $\sqrt{2}$, которое как раз и заменяется двумя приближенными передающими его значениями арифметическим и гармоническим пропорций: $\frac{1}{2}$ и $\frac{1}{3}$ (квинтой $\frac{1}{5}$). Что целый тон не является атомом, было, таким образом, не случайным открытием, а как бы входило в само определение тона.

⁵⁰ МД, III, 50-54, А16-17.

⁵¹ Античная музыкальная эстетика, с. 27.

⁵² А. Kalkman. Op. cit., S. 36-37.

⁵³ Б. Л. Ван дер Варден, хотя сам и придерживается той точки зрения, что

создание геометрической алгебры обязано открытию несоизмеримости, но вместе с тем очень верно замечает: «Греки знали очень хорошо иррациональные отношения... Они имели очень ясное представление об отношениях диагоналей на стороне квадрата и были в состоянии совершенно безукоризненно доказать, что это отношение не может быть выражено в целых числах». Цит. соч., с. 175.

⁵⁴ Цит. по кн.: Б. Л. Ван дер Варден. Пробуждающаяся наука, с. 176.

⁵⁵ См.: Платон. Тимей, 36b-36c, 3 (1), (475-476).

⁵⁶ Само развитие греческой математики связано в большей мере с трудностями в применении математического образа к предметным задачам, т. е. с проверкой возможности передать в математических образах предметные определения.

⁵⁷ В своем послесловии к «Законам» Платон описывает значение «чета» и «нечета» весьма патетически. «Высшим и первейшим является учение о числах, не о тех числах, которые имеют телесный облик, но, скорее, о построении всей теории четного и нечетного и о той мощи, каковой они обладают над природой сущего. Для того, кто изучил это, становится совершенно ясным то, что люди в высшей степени нелепо называют «землемерием» (γεωμετρία), но что в действительности имеет целью уподобление чисел, которые по природе не подобны друг другу; это становится совершенно ясным в случае плоских фигур. Но востигну ли человеческое, а божественное чудо откроется тому, кто после этого (плоской геометрии) будет рассматривать трехмерно протяженные числа и подобные по своей природе природе. И снова он сможет, слыша те, которые по своему происхождению непоподобны, превратить их к подобные при помощи иной науки, которую сведущие люди называют стереометрией.

Но особо божественным и чудесным для тех, кто прозревает и проникает в сие, является, однако, то, каким образом при помощи силы, которая постоянно вращается вокруг удвоения и (силы) противоположной ей в соответствии с каждым из различных видов пропорций, все в природе как бы запечатлевает свой вид и форму», 990c-990e. Это место мы цитируем по книге Ван дер Вардена (см. цит. соч., с. 216-217), где подробно выяснен смысл текста, всегда вызывавшего большие трудности у филологов. В последнем издании сочинений Платона на русском языке (М., 1972, т. 3 (2) с. 501), к сожалению, не уцен этот анализ. Более того, хотя указано, что текст печатается по переводу Егупова, при редактировании этого перевода изложение интересующего нас места было значительно искажено (ср.: Полное собрание творений Платона в 15 томах, т. XIV. ПБ., 1923, с. 288).

⁵⁸ См. кн. VII, опр. 6-11, с. 9.

⁵⁹ МД, I, 148-167, 1, B8, B10, B51, B54, B124.

⁶⁰ МД, III, 33, B1. «Природа, сущая в космосе, гармонически сложена из беспредельности и определяющих начал. Так устроен весь космос и все, что в нем» (Пер. С. Трубецкого). «Только то мы можем знать, что ничто из того, что существует и по крайней мере из того, что познается нами, не могло бы возникнуть, если бы не было тех сущностей вещей, из которых образовался космос: предела и беспредельности» (B6). «Потому как в основе (сущего) лежали эти (два) начала, которые не подобны и не родственны между собой, то, очевидно, невозможно было бы образованием космоса, если бы к ним не присоединились гармонией, каким бы образом она ни возникла. В самом деле, подобное и родственное вовсе не нуждаются в гармонии, непоподобное же, неродственное и различное по количеству необходимо должно быть соединено такой гармонией, которой была бы в состоянии удерживать их вместе в космосе» (B6). «...Природа числа — гармония — не допускает в себе лжи, ибо она не свойственна ей» (B14).

⁶¹ Платон. Тимей, 47a-47c, 3 (1), (488).

⁶² Там же, 47d-47e.

⁶³ Цит. по кн.: Сочинения Платона, переведенные с греческого и объясненные проф. Карповым, к. III. СПб., 1863, с. 306.

- ⁶⁴ Единица вообще, как мы уже неоднократно замечали, была для греческой мысли неким микрокосмом. Это связано с весьма замечательным разделением между целым, завершенным и бесконечным, которое впервые четко сформулировал Аристотель, но которое было одним из основных принципов греческого мышления. Если понимание тождественно с оформлением, если понятие — значит охватить формой в нечто целостное, определить, ограничить, становится ясным, почему античная космология представляла себе космос ограниченным. Бесконечность не может быть формой, не может находиться ни в каком отношении к конечному, а потому она либо не существует вообще, либо немислима, таковы общие аргументы всей античной теоретической мысли. Аристотель определяет бесконечное как неохватываемое, неограничиваемое. «Не то, вне чего ничего нет, а то, вне чего всегда есть что-нибудь, то есть бесконечное» (*Аристотель*. Физика, пер. В. П. Карпова. М., 1936, с. 53, 207а. В дальнейшем везде при ссылке на это издание указывается обычная пагинация и страница). Целое же, законченное, завершенное, т. е. то, что стало предметом мысли, как раз и есть то, вне чего ничего не мыслится. Целое и законченное или совершенно одно и то же, или родственны по природе: законченным не может быть ничего, не имеющее конца, конец же — граница» (там же).
- ⁶⁵ См., например: *Евклид*. Начала, кн. VII, VIII, X.
- ⁶⁶ Здесь Платон принимает в качестве исходных начал-стихий начала зримости и осязаемости: огонь и землю.
- ⁶⁷ Платон. Тимей, 32а—32с.
- ⁶⁸ При этом мы использовали блестящую реконструкцию античного космоса по платоновскому «Тимею», выполненную А. Ф. Loseвым в «Истории античной эстетики», с. 273—300.
- ⁶⁹ Доскографы сообщают, что Парменид был учеником Анаксимандра, а также пифагорейца Амины. МД, II, 20—22, а. «Бытие ограничено со всех сторон; оно — подобно массе совершенно правильного шара, повсюду равно отстоящему от центра». МД, II, 43, В1 (43—45).
- ⁷⁰ См. также Ор. cit., p. 114—116. Идея качественно-различных единиц, не делимых в том смысле, что они не имеют общей меры, общей «единицы», составляет в рамках пифагорейства идейный эквивалент понятию «формы» у атомистов.
- ⁷¹ Ср. цитированное у Ван дер Вардена (с. 176) высказывание Прокла из комментария к «Государству»: «Единица как начало всех чисел, в потенции является и стороной, и диагональю».
- ⁷² Прокл в своих комментариях к «Началам» Евклида рассказывает: «Эти вещи, как говорит перипатетик Евдем, открыты пифагорейской музыкой, а именно приложение (*παράβολη*) площадей с недостатком (*ἐλλείψεις*) и избытком (*πλεονέχει*). Позднее эти названия были перенесены на три конических сечения». Цит. по кн.: *Б. Л. Ван дер Варден*. Пробуждающаяся наука, с. 171. Основы геометрической алгебры изложены во II кн. евклидовых «Начал» (с. 61—79 цитирован. издания). Метод приложения площадей разобран Ван дер Варденом, с. 165—173.
- ⁷³ Платон. Тейтэт, 174d—148b, 2, (232—233).
- ⁷⁴ Содержание X и части XIII книг «Начал» приписывают Тейтету. См. *Б. Л. Ван дер Варден*. Цит. соч., с. 227—230.
- ⁷⁵ Там же, с. 231.
- ⁷⁶ См. примечание 57.
- ⁷⁷ Д. Хэмбидж. Динамическая симметрия в архитектуре. М., 1936, с. 36 и сл.
- ⁷⁸ Платон. Государство, VI, 510d—510e, 3 (1), (318).
- ⁷⁹ «Сродство идей» Платона и «чисел» пифагорейцев очевидно, «Идеи и числа» — бестелесные прообразы пластических телесных типов вещей, а также прообразы закономерности, согласно которой все совершается в мире... В поздний период своего развития Платон пришел к тому, что попросту отождествил свои «идеи» с «числами» пифагорейцев» (*Б. Ф. Асмух*. Платон. М., 1969, с. 132. Соотношение между фигурой на песке и ее идеальным образом, о котором ведет речь математик, и далее, между этой «числовой структурой» и самой идеей, т. е. единой умозастывшей «точкой», из которой можно вывести идеи, точнее говоря, в которой можно усмотреть все существенные определения «объекта», — это соотношение, по нашему мнению, может быть, один из самых верных путей к пониманию той логической необходимости, которая привела Платона к разработке учения о мире идей. Весь предметный мир предстает для Платона как некий «начертанный от руки», чувственный, видимый образ, имеющий значение не более чем наглядного пособия для того, чтобы, глядя на него умными глазами теоретика, вести рассуждение об идеальных сущностях.
- ⁸⁰ Этот математический энтузиазм характерен также для идеологии зареждающейся науки Нового времени (Галилей, Декарт и др.) и резко отличается от идеологии эмпиризма, которая всегда была свойственна либо периферийным течениям мысли, либо эпохам полновластного господства какой-нибудь фундаментальной теоретической системы, «нормальной» эпохи в смысле Т. Куна. См. Т. Кун. *The structure of scientific revolutions*. Chicago, 1962. Подробнее мы разберем вопрос о «платонизме» Новой науки в главе о Галилее.
- ⁸¹ Платон. Государство, VII, 529d—529e, 3 (1), (340—341).
- ⁸² Там же, 531c, 3 (1), (342). Ср. критику чувственного знания у Парменида: «Не вращай бесценное глазами, не слухай ушами, но разумом исследуй высказанные мною доказательства». МД, II, 36, B1, 35—37.
- ⁸³ Ср. также высказывание Платона о посредничестве математики в «Филебасте», в особенности 16c—18d, 3 (1), (17—21). Комментарий Платона («Государство», VII, 529a), Ван дер Варден пишет: «Все это звучит очень странно для нас, привыкших к современному эмпирическому естествознанию, но в сущности, Платон совершенно прав. Теоретическая астрономия, так же как геометрия или механика, рассматривает не действительные небесные тела, но теоретические, идеализированные объекты вроде материальных точек или совершенных сфер, которые движутся в пространстве по математическим законам и которым наблюдаемые тела соответствуют лишь приблизительно... Истина находится в математике, так как эта наука точная. А истина божественна. «Вечно занимается геометрией», — говорит Платон. По образу истинных, божественных, математически чистых движений творец, как полагает Платон, и упорядочил видимый мир». Цит. соч., с. 266—267.
- ⁸⁴ «Вам известно, что величайшим мудрецом по необходимости должен быть именно истинный астроном, не тот, кто занимается астрономией по Гесиоду и ему подобным, ограничивающимся наблюдением над заходом и восходом светил, но тот, истинный астроном, который из восьми кругов оборотов наблюдает преимущественно семь, при которых каждое светило совершает свой круговой путь так, что это нелегко смог бы усмотреть любой человек, непричастный свойствам чудесной природы». Платон. Последнее, 390b, 3 (2), (500).
- ⁸⁵ Цит. по кн.: *P. Duhem*. Le Système du Monde. Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic, t. 1. Paris, 1954, p. 103.
- ⁸⁶ Ibid., p. 111.
- ⁸⁷ О системе Евдокса см.: *L. Schiaparelli*. Die homozentrischen Sphären des Eudoxos, Abhandlungen Math., Bd 1. Leipzig, 1877; *Th. Heath*. Aristarchos of Samos, Oxford, 1913; *P. Duhem*. Op. cit., t. 1, p. 114—126. *Б. Л. Ван дер Варден*. Цит. соч., стр. 243—247; *O. Hejlsøe*. Цит. соч., с. 154—155.
- ⁸⁸ *L. Schiaparelli*. Op. cit.
- ⁸⁹ *Аристотель*. Метафизика, XII, 8, 1073b 15—1074b 19, (213).
- ⁹⁰ *O. Hejlsøe*. Цит. соч., с. 155.
- ⁹¹ «В действительности метод физических наук был определен Платоном и пифагорейцами его времени с непревзойденной отчетливостью и точностью; впервые он был применен Евдоксом, когда он попытался спасти явления планетного движения, комбинируя вращение гомоцентрических сфер». *P. Duhem*. Op. cit., t. 1, p. 129.

- Евдокс сконструировал вращающуюся модель звездного неба. (См. *Б. Л. Ван дер Варден*. Цит. соч., с. 247), а также астрономический инструмент «аракху» («лапу»), представляющий собой вариант астролябии.
- ⁹² *P. Duhem*. Op. cit., t. 1, p. 403–404.
- ⁹³ *Ibid.*, p. 407–410.
- ⁹⁴ *Th. Heath*. *Aristarchos of Samos, the Ancient Copernicus*. Oxford, 1913. Упоминание об Аристархе в «Псаммите» Архимеда. — *Архимед*. Сочинения, с. 358–359.
- ⁹⁵ *P. Duhem*. Op. cit., p. 435.
- ⁹⁶ «Астрономия Птолемея, вероятно, в значительной степени построена на результатах, полученных за 300 лет до него Гиппархом...» *О. Нейзебауер*. Цит. соч., с. 157.
- ⁹⁷ Там же.
- ⁹⁸ *Ptolemy*. *Opera quae extant omnia. Syntaxis mathematica*. Ed. J.-L. Heiberg, vol. II. Lipsiae, 1898, p. 210–211. Цит. по кн.: *P. Duhem*. Op. cit., t. 1, p. 458.
- ⁹⁹ *О. Нейзебауер*. Цит. соч., с. 158. Ср.: «Цель, которую должен ставить себе и достигать математик, мы думаем, такова: показать, что все небесные явления произведены равномерным круговым движением». Цит. по кн.: *P. Duhem*. Op. cit., p. 487.
- ¹⁰⁰ *О. Нейзебауер*. Цит. соч., с. 155.
- ¹⁰¹ МД, III, А1, 48–49; А13.
- ¹⁰² *Б. Л. Ван дер Варден*. Цит. соч., с. 211.
- ¹⁰³ И. Н. Веселовский приводит 14 решений дельдийской задачи с помощью либо специально изобретенных подвижных линеек, либо мысленного движения элементов чертежа. См.: *Архимед*. Сочинения, с. 460–479.
- ¹⁰⁴ См. статьи: *И. Ю. Тимченко*. «Анализ и синтез» и «О диалектическом методе древних геометров и о логическом строении Евклидовых «начал»». — В кн.: *Ф. Кеджори*. История элементарной математики. Пер. с англ. под ред., с примеч. и прибавл. И. Ю. Тимченко. Одесса, 1917, с. 338–354.
- ¹⁰⁵ *Лаугарс*. Сравнительные исследования, т. 1. М., 1961, с. 391.
- ¹⁰⁶ *Аристотель*. Метафизика, XII, 6, 1071b24 (209).
- ¹⁰⁷ *С. Я. Лурье*. Очерки по истории античной науки. М. — Л., 1947, с. 180.
- ¹⁰⁸ *В. С. Бибаев*. Генезис понятия движения (К истории механики). — В кн.: *А. С. Арсеньев, В. С. Бибаев, Б. М. Кедров*. Анализ развивающегося понятия. М., 1967, с. 137.
- ¹⁰⁹ По аналогии с известным изречением Анаксимандра: «А из чего возникают все вещи, в то же самое они и разрешаются согласно необходимости...» МД, I, 37, А9.
- ¹¹⁰ Термином «эйдгетическое мышление» мы хотим обозначить то, что иногда вслед за Шеллингом называет «символизмом» античного духа (см., например, кн.: *А. Ф. Лосев*. Очерки античного символизма и мифологии). Определение полного равновесия между интеллектуальной и чувственной стороной, которое и составляет понятие «эйдгетической формы», в этом случае, по нашему мнению, не точно. Более точно определяет Гегель: «...Чувственная форма не занимает одинакового положения, не равноправна и тем паче не преобладает, как на Востоке. Теперь первое место занимает духовное начало, и природная сущность уже больше не признается сама по себе в ее существующих формах, а скорее представляет собою лишь выражение просветляющегося через нее духа и низведена на степень средства для него и способа его существования». *Гегель*. Лекции по истории философии, кн. 1. — *Гегель*. Сочинения, т. IX. М. — Л., 1932, с. 133. Тем не менее это «средство» накладывает печать на «дух», и эта печать есть форма — начало и конец, чистая возможность и чистая актуальность.
- ¹¹¹ *Аристотель*. О частях животных. I, 1. 640a. Цит. по: *Аристотель*. О частях животных. Пер., вступ. статья и прим. В. А. Карпова. М., 1937, с. 35.
- ¹¹² См. *А. Ф. Лосев*. История античной эстетики, с. 55.
- ¹¹³ *Аристотель*. Физика, III, 1, 200b (40).
- ¹¹⁴ *Аристотель*. Метафизика, XIII, 4, 1078b (224).
- ¹¹⁵ Там же, I, 9, 990b34 (35).
- ¹¹⁶ Там же, 992a21 (37).
- ¹¹⁷ Там же, 991a11–991a17 (36).
- ¹¹⁸ Там же, III, 2, 998a12–998a14 (48).
- ¹¹⁹ Помимо многочисленных мест, в которых разбирается проблема идеальной (математической) формы, встречающихся почти во всех сочинениях Аристотеля, их подробному анализу посвящена V глава III книги и почти вся XII книга «Метафизики». См. также: *А. Ф. Лосев*. Критика платонизма у Аристотеля (перевод и комментарий XIII и XIV книг «Метафизики» Аристотеля). М., 1928.
- ¹²⁰ *Аристотель*. Метафизика, XIII, 2, 1076b10–1076b14 (249).
- ¹²¹ Там же, III, 5, 1002a (55); XIV, 1090b6–1090b8 (245).
- ¹²² Там же, III, 5, 1002a2–1002a5 (55).
- ¹²³ Там же, I, 8, 989b (32).
- ¹²⁴ Там же, I, 9, 991b5–991b5 (35).
- ¹²⁵ Там же, 992b15 (37).
- ¹²⁶ См. *Th. Heath*. *Mathematics in Aristotle*. Oxford, 1949. Здесь обстоятельно собраны все места из Аристотеля, относящиеся к математике. В частности, к проблеме математики и физики, см. p. 9–11; 98–100, 272–278.
- ¹²⁷ *Аристотель*. Метафизика, III, 4, 999a29 (51). Ср. также: «...Под субстратом имеется в виду то, о чем сказывается все остальное, тогда как само оно уже не сказывается о другом... Первый субстрат больше всего принимается за сущность». Там же, VII, 3, 1029a36–1029a1 (117).
- ¹²⁸ Там же, XIII, 3, 1077b23–1077b26 (222).
- ¹²⁹ «То же касается материи, она сама по себе непознаваема». Там же, VII, 10, 1036a10 (128).
- ¹³⁰ Разбор этих вопросов посвящена почти вся VII книга «Метафизики». См., в частности, Метафизика, VII, 3, 1029a (115).
- ¹³¹ «Под материей я разумею, например, медь, под формой — очертание образа, под тем, что состоит из обоих, — статуя как целое». Метафизика, 1029a4–1029a6 (115).
- ¹³² Там же, 1029a25.
- ¹³³ Средневековые quidditas. В этом понятии скрещиваются все пути аристотелевской философии. См. Метафизика, VII, 4, 1029b (116).
- ¹³⁴ Знаменитый тезис: «ignorato motu ignoratur natura» — Физика, III, 1, 200b (40).
- ¹³⁵ «...А сущностью, не имеющей материи, я называю суть бытия («создаваемая вещь»). Метафизика, VII, 7, 1032b15 (122).
- ¹³⁶ Не приводи подобных питат, мы следуем здесь, главным образом, содержанию VII книги Метафизики.
- ¹³⁷ Рассмотрим в качестве примера предмет врачебного искусства — человеческое здоровье. Во-первых, здоровье должно быть результатом врачебного искусства, хотя для самого искусства понятие здоровья есть начало, определяющее ход лечения. Здоровье, полагим, есть то-то и то-то. Оно определяется какими-то свойствами, что производит, например, нагревание. Нагревание получается от движения. «А это (последнее) в возможности дано, и оно уже (непосредственно) зависит от человека». Метафизика, VII, 7, 1032b4–1032b22 (122). Но здоровье, во-вторых, является также началом здорового тела, которое есть причина ловкого движения (точная форма), в свою очередь, служащая причиной победы на соревновании и награды (цель). Таким образом, «суть бытия» остается формой, но она понимается как результат действия иных форм и сама порождает другие формы. Именно в этом смысле «формой» я называю суть бытия каждой вещи и первую сущность». Метафизика, VII, 7, 1032b2 (121).
- ¹³⁸ «По отношению к процессам возникновения мы в одних случаях говорим о мышлении, в других — о созидании». Там же, 1032b18 (122).
- ¹³⁹ Там же, 1032a19–1032a20 (121).
- ¹⁴⁰ *Аристотель*. Физика, II, 9, 199b (37).
- ¹⁴¹ *Аристотель*. Метафизика, I, 1, 981a (20).
- ¹⁴² «...Врачебное искусство есть здоровье в его логическом выражении». Метафизика, XII, 3, 1070a30 (205).

- ¹⁴⁵ Одна из наилучших формулировок этого «эмпиризма» дана в конце «Аналитики», в XIX главе второй книги Аналитики II. См.: *Аристотель*. Аналитика первая и вторая. Пер. с греч. Б. А. Фохта. М., 1952, с. 287. Эта схема легла в основу всех известных эмпирико-индуктивистских схем научного познания.
- ¹⁴⁶ См. кн. VII Метафизики.
- ¹⁴⁷ См. различие искусственной и природной формы в «Физике», II, 1, 193b25 (25–26).
- ¹⁴⁸ Не следует думать, что эта схема является у Аристотеля твердо установленной. Она может претерпевать существенные изменения.
- ¹⁴⁹ История и логика «Начал» составляют содержание первой книги «Физики».
- ¹⁵⁰ *Аристотель*. Физика, II, 2, 194b27 (27).
- ¹⁵¹ *Аристотель*. Метафизика, X, 1, 1052b (165).
- ¹⁵² Там же.
- ¹⁵³ Эти категории разрабатываются в IX книге «Метафизики».
- ¹⁵⁴ А имя энергии (реальной действительности), (обычно) соединяемое с антитезой («осуществленностью»), перешло и на другие случаи скорее всего от движения: ведь за реальною действительностью больше всего принимается движение. Метафизика, IX, 3, 1047b32–1047a34 (152).
- ¹⁵⁵ См., например, «О душе», II, 5, 418a5 (54): «Пока ощущающая (способность) испытывает, она не уподобляется ощущаемому, испытая же (воздействие), она уподобляется (ощущаемому объекту) и становится такой же, как она».
- ¹⁵⁶ Имеется в виду прежде всего теория выразимости, изложенная Платоном в «Тееетете» (147d–148b), 2, (232–233). Аристотель ссылается на эту теорию, утверждая, правда, что здесь можно говорить только об аналогии, даже о простой синонимии. См.: Метафизика, IX, 1, 1046a5–1046a8 (149).
- ¹⁵⁷ «Беспредельное существует в возможности не в том смысле, что оно будет впоследствии обладать действительностью, но является таковым для познания». Метафизика, IX, 6, 1048b15–1048b18 (155). Мы можем также мысленно делить до бесконечности, проводить в теле какие угодно линии или плоскости, рассматривать предмет еще иначе, в каких-нибудь мысленно возможных ситуациях, причем нет необходимости предполагать все это реально осуществимым. (Метафизика, IX, 1, 1046a11–1046a15 (149–150)).
- ¹⁵⁸ В. П. Зубов. *Аристотель*, М., 1963, с. 75.
- ¹⁵⁹ *Аристотель*. Реторика, I, 2, 1357a. Цит. по кн.: В. П. Зубов. *Аристотель*, с. 78. См. также: H. Weiss. Kausalität und Zufall in der Philosophie des Aristoteles. Basel, 1942, S. 157.
- ¹⁶⁰ *Аристотель*. Аналитика I, 1, 13, 32b20–21, с. 39; см. также: Аналитика II, I, 30, 87b15–87b27, с. 211; Метафизика, XI, 8, 1064b–1065a (192–193).
- ¹⁶¹ См. примечание 129.
- ¹⁶² Этот вопрос великолепно разобран в цитированной уже нами работе В. С. Библера, в главе «Апории Зенона — введение в историю механики», с. 119–162.
- ¹⁶³ *Аристотель*. Метафизика, XI, 9, 1065b12–1065b14 (194). См. девятую главу XI книги. См. также: Физика, III, 1, 201a и 2, 202a (41, 43). Иная формулировка: «Осуществление того, что существует в возможности, когда оно действует, находясь в процессе осуществления, при этом не поскольку оно есть оно самое, но поскольку оно может приводиться в движение, (это) есть движение». Метафизика, 1065b22–1065b24 (194). См., кроме того, 1065b27 (195).
- ¹⁶⁴ Движение есть энтелехия подвижного, поскольку оно подвижно, форма же, будь то определенная сущность или определенное качество, всегда привносит дивиталь, какой-либо будет началом и причиной движения». Физика, III, 2, 202a (42).
- ¹⁶⁵ См.: *Аристотель*. Физика, кн. VI.
- ¹⁶⁶ *Аристотель*. Физика, VI, 9, 239b (119).

- ¹⁶⁷ См.: В. П. Зубов. Развитие взаимосвязи принципов инвариантности с законами сохранения в классической физике. М., 1972.
- ¹⁶⁸ В. С. Библер. Цит. соч., с. 151.
- ¹⁶⁹ Дикстергейс, например, утверждает, что Аристотель в своем учении о движении (в частности, в динамической формуле) «сформулировал в качестве всеобщего естественнонаучного положения повседневно испытанный, связанный с движением, в то время как классическая механика со своими законами инерции и пропорциональности силы ускорению выдвинула утверждение, которое не только опровергается повседневным опытом, но по отношению к которому исключена даже прямая экспериментальная верификация...» E. I. Dijksterhuis. Die Mechanisierung des Weltbildes. Berlin – Göttingen – Heidelberg, 1956, S. 34.
- ¹⁷⁰ «Мера есть то, чем познается количество, а количество как количество познается или единым, или числом, а всякое число (со своей сущностью) — единым, так что, следовательно, всякое количество познается, поскольку это — количество, единым, и то первое, чем познается количество, оно именно есть единое». Метафизика, X, 1, 1052b22–1052b24 (165).
- ¹⁷¹ *Аристотель*. Физика, VII, 4.
- ¹⁷² Там же, 249a (134).
- ¹⁷³ См.: *Аристотель*. Метафизика, X, 1 (164–166).
- ¹⁷⁴ Теория качественно различных родов-сущностей, несоизмеримых друг с другом мер, явилась поводом и тем, чтобы расценивать физику Аристотеля как «качественную». Именно эта сторона получила широкое и своеобразное развитие в средневековом аристотелизме. См. об этом: W. Zubov. Zur Geschichte des Kampfes zwischen dem Atomismus und dem Aristotelismus im 17. Jahrhundert. (Minima naturalia und Mixtio). — In: Sowjetische Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaft. Berlin, 1960, S. 161–191.
- Мы полагаем, однако, что здесь следует различать две стороны. Там, где «начала» утверждены, можно развить на их основе вариант «качественной» физики. Но вся глубина самого «качества» открывается лишь там, где Аристотель видит, раскрывает внутренний логический проблематизм этого понятия, радикальное противоречие между понятием формы и формой понятия, собственное античное способ мышления. Фокусом этого противоречия у Аристотеля является тема о «сущи бытия» или иначе — об «индивиду».
- ¹⁷⁵ *Аристотель*. Физика, VIII, 10, 266a–267b (168–171).
- ¹⁷⁶ Там же, VII, 2, 243a–245a (126–128).
- ¹⁷⁷ Там же, VII, 2, 260a (156).
- ¹⁷⁸ Там же, V, 4, 228a–229a (96–97).
- ¹⁷⁹ Там же, VIII, 8, 264b (165).
- ¹⁸⁰ Там же, VIII, 9, 265b (167–168).
- ¹⁸¹ Это постоянное условное наклонение отрицательных мысленных экспериментов, чрезвычайно характерное для размышлений Аристотеля, Г. Френкель называет «оптативным мысленным экспериментом» (H. Fränkel. Wege und Formen frühgriechischen Denkens. München, 1960, S. 85–96). Цит. по: И. Д. Рожанский. Проблемы движения и развития в учении Анаксагора. — УОФ, т. 95, вып. 2, 1968, с. 348.
- ¹⁸² *Аристотель*. Физика, IV, 8, 215a (70–71).
- ¹⁸³ «...Бесконечное, поскольку оно бесконечно, непознаваемо» (Физика, I, 4, 187b11 (11)), «...Знание непосредственных начал недоказуемо». (Аналитика II, 1, 3, 72b23 (183)).
- ¹⁸⁴ «Общее, некоторый образцом находится в самой душе». О душе, II, 5, 417b23 (53). См. также: Аналитика II, 2, 19, 100b–13–100b14 (288).
- ¹⁸⁵ *Аристотель*. Физика, IV, 11, 219b (79).
- ¹⁸⁶ Там же, IV, 12, 221a (81).
- ¹⁸⁷ Там же, IV, 14, 223b (86).
- ¹⁸⁸ То, что можно назвать аристотелевской кинематикой и динамикой, изложено в «Физике», кн. VII, гл. 5, и кн. IV, гл. 8 и 9. См. также: «О небе», III, 2, 301b1–301b14. Разумеется, здесь и речи нет о массе и о скорости.

Считать отношение разнородных величин некоторой характеристикой объекта не соответствовало логике античного мышления. Все изложение ведется на примерах некоторых простых пропорциональных соотношений.

¹⁷ См.: Аристотель. Физика, кн. IV, гл. 8, с. 69—73.

¹⁸ Аристотель. Физика, VIII, 10, 267a (170).

К главе второй

¹ См.: Платон. Филеб, 58 с., 59b—59с. 3 (1), (75—76).

² Форма, которая воспроизводит сама себя и, следовательно, вместе с собой некоторым образом «производит» (выводит в существование) свою материю,— таково, по Аристотелю, определение самой «природы» вещи: «И скорее форма является природой, чем материя: все каждая вещь скорее тогда называется своим именем, когда она есть энтелехиально, чем когда она имеется в потенции». Физика, II, 1, 193d (25).

³ Аристотель. Физика, II, 2, 194b (27).

⁴ Поэтому-то физика и отлична от математики, исследующей форму как таковую. См.: Физика, II, 3.

⁵ Аристотель. Физика, III, 4, 203a (45).

⁶ «...Природа принадлежит к тому же роду, как способность: это — начало, вызывающее движение, но не в другой вещи, а в той же самой, поскольку это — именно она». Метафизика, IX, 8, 1049b8 (157).

⁷ Аристотель. О душе, III, 7, 431a5 (99).

⁸ Аристотель. Метафизика, IX, 8, 1050a5—8 (158).

⁹ См.: Аристотель. Метафизика, IX, 8, 1050a33 (159).

¹⁰ «Предположим, что дано определение процессу расщепления, именно, что это есть разделение известного рода: оно не произойдет, если пища не будет иметь зубьев таких-то качеств, а они не будут такими, если не будут железными...» Физика, II, 9, 200b (39).

¹¹ Фундаментальные классы этих условий и представляют собой четыре типа аристотелевских причин: «Так как их (причин)... А. А.) числом четыре, физику надлежит знать обо всех и, своєю вопрош почему» на каждом из них — материю, форму, движущее начало и цель,— он ответит как физик». Физика, II, 7, 198a (34). Но физику надлежит также мыслить сам предмет как нечто единое по своей «природе», которая сливается в ее четыре условия воедино, см. прим. 2 и 3.

¹² По Аристотелю, есть три рода теоретических наук — физика, математика и теология. «Что касается физики, она занимается предметами, имеющими начало движения в самих себе... Следовательно, с бытием, существующим самостоятельно и неподвижно, имеет дело некоторая наука, отличная от обеих... И если в области реального есть какая-нибудь подобная сущность, то здесь, пожалуй, находится и божественное бытие, и это будет первое и самое главное начало». Метафизика, XI, 7, 1064a3; 1064a33; 1064b1 (191—192).

¹³ Аристотель. Физика, VII, 2, 243b (127).

¹⁴ Этому свидетельству не только постоянные примеры и ссылки на техническую деятельность, когда нужно пояснить работу понятий. Об этом можно заключить по самому содержанию, которое Аристотель вкладывает в определение понятия природного предмета («Итак, как делается какая-нибудь вещь, такова она и есть по своей природе... какова она по природе, так и делается, если ничто не будет мешать». Физика, II, 8, 199a (36)), потому, что даже фундаментальные всеобщие определения Аристотель черпает из рассмотрения ремесленных процедур. Обратите внимание на саму аргументацию: «Если, таким образом, искусственные произведения возникают ради чего-нибудь, то ясно, что и природные...» Физика, II, 8, 199a (36). «Описия бывают и в произведениях искусства... отсюда ясно, что они могут быть и в произведениях природы». Там же.

¹⁵ О споржажности см.: И. Koller. Die Mimesis in der Antike. Berlin, 1954.

¹⁶ О связи эстетики и механики см.: F. Kraft. Die Anfänge einer theoretischen Mechanik und die Wandlung ihrer Stellung zur Wissenschaft von der

Natur.— In: Beiträge zur Methodik der Wissenschaftsgeschichte, hrsg. von W. Baron. (Beiträge zur Geschichte der Wissenschaft und der Technik. Heft 9). Wiesbaden, 1967.

¹⁷ Если, следовательно, для Аристотеля даже человеческое ремесло, искусство, противоприродное и исходящее из случайных по отношению к природе целей, должно подражать природе и только дополнять то, что не исполнено в ней,— для ученого XVII—XVIII вв. скорее, наоборот, природа должна подражать человеческой технике и быть в принципе такой же машинной, какие делают люди.

¹⁸ Мы уже приводили во введении к первой главе подобное мнение Самбур-но, Ф. Крафт, подробно проанализировавший эту проблему в своей книге (F. Kraft. Dynamische und statische Betrachtungsweise in der antiken Mechanik. Wiesbaden, 1970, S. 157) пишет: «Так как со времен Платона и Аристотеля «природа» понимается как органическое единство, как целое, а космос как живое существо; именно поэтому «природа» отдельных вещей не может быть рассмотрена изолированно. Если человек выхвачивает что-либо искусственно (с помощью особого «средства» — $\mu\epsilon\tau\alpha\chi\upsilon\iota$) из органической связи и «естественного» хода вещей, то он при этом уже не может познать «природу» (занимаясь естественным); он в таком случае занимается только человеческим «искусством». Эксперимент столь же мало способен к познанию «природы», естественности, поскольку он является такого рода «искусственным» выхвачиванием, т. е. «искусством» — ремеслом, и поэтому отвергается в качестве средства естественного познания или даже вовсе не рассматривается. Испытания и эксперименты были уместны в искусствах, в особенности в «механике», которая ищет наилучшие «средства» для овладения «природой» и естественными процессами и использует для этого теоретические конструкции и практические испытания».

¹⁹ «Есть также два искусства, овладевающие материалом и познающие его: одно искусство пользования, другое — архитектоника производящего искусства». Физика, II, 2, 194b (27).

²⁰ «...Ведь причина исходит не от самого животного, но в них происходит другие физические движения, которыми они движутся не сами по себе, например, рост, убыль, дыхание, которое производит каждое животное, например, в покое и не движется собственным движением. Причиной движения является окружающая среда и многое из того, что входит внутрь, например, для некоторых животных пища, так как при переваривании ее они спят, при распределении ее пробуждаются и приводят себя в движение, причем первое начало движения находится во внешнем». Физика, VIII, 6, 259b (155).

²¹ См. анализ развития взглядов Аристотеля по этому вопросу в кн.: В. П. Зубов. Аристотель. М., 1963, с. 137—142.

²² Аристотель. О душе, III, 5, 430a10—12 (96).

²³ «...В том, что само себя движет, одна часть движет, другая — движется». Физика, VIII, 5, 257b (151).

²⁴ Там же, 258a (152).

²⁵ A. Cresson. Aristotle. Paris, 1950, p. 24.

²⁶ Аристотель. О частях животных, I, 1, 639b. Пер. В. П. Карпова. М., 1937, с. 34—35.

²⁷ В. П. Зубов. Цит. соч., с. 168.

²⁸ См. прим. 24 к введению.

²⁹ См. о перводвижателе гл. V VIII книги Физики.

³⁰ Аристотель. Физика, VIII, 6, 260a (157).

³¹ Аристотель. О душе, III, 10, 433b 14—15 (108).

³² Мы уже видели, что сделал сам Аристотель для построения астрономической теории на основе этой идеи (см. стр. 50). См. также: И. Н. Веселовский. Невклидова геометрия в древности. Доклад, прочитанный на коллоквиуме «Античность и современность» на XIII Международном конгрессе по истории науки. М., 1971.

³³ Об идее «блага» у Аристотеля см.: М. Р. Lerner. La notion de finalité chez Aristote. Paris, 1969.

³⁴ Это непосредственное продолжение только что цитированного места из трактата «О душе», см. прим. 31.

³⁵ Аристотель. О частях животных, I, 1, 641a (38—39).

³⁶ Аристотель. О душе, III, 8, 432a1—3 (102—103).

³⁷ Механика для античной Греции, как мы уже говорили, — это искусство, ремесло (μηχανική τέχνη). Сюда относятся строительное, военное, навигационное дело, изготовление водных сооружений, транспортировочных и подъемных устройств, игрушек и автоматов (имеются в виду автоматы (αὐτόματα), двигающиеся при помощи нитей, тресов и рычагов, и пневматические игрушки (πνευματικά)), искусство конструирования водных и солнечных часов, а также астрономических моделей (σφαιρικά) и вообще всякое искусство, которое приводит материю в движение, — так заканчивает свое перечисление Гемонс (I в. н. э.), цитируемый Проклом (V в. н. э.) Proklus Diadochos. Kommentar zum ersten Buch von Euklids «Elementen». Aus dem griechischen in deutschen übertragen und mit textkritischen merkungen versehen von P. L. Schönberger. Halle (Saale), 1945, S. 192. См. также Pappus Alexandrinus. Collectionis quae supersunt. Ed. Hultsch. Berolini. 1878. Французский перевод: Pappus d'Alexandrie. La Collection Mathématique. Trad. P. Ver Eecke, Paris, 1933, p. 810—812. Библиографию см. в кн.: А. Т. Григорьев и В. П. Зубов. Очерки развития основных понятий механики. М., 1962, с. 7—9.

³⁸ Еще Дюгем в своем труде «Les origines de la statique» (2 vols. Paris, 1905) считает это произведение аристотелевским. Его приписывали Аристотелю механики позднего средневековья и XVI в. за исключением Иеронима Кардано (1501—1576) и Франческо Патринио (1529—1597). В 1915 г. П. Таннери опубликовал свое выступление, где высказывал предположение, что «Механические проблемы» созданы в III в. до н. э. в эллинистическом Египте (P. Tannery. Sur les problèmes mécaniques attribués à Aristote. — In: Mémoires scientifiques de P. Tannery, t. III. Toulouse — Paris, 1915, p. 33). С тех пор это мнение широко распространено в среде историков механики. Ученые сходились в той точке зрения, что в том виде, в каком трактат дошел до нас, он вообще не является произведением одного автора, что он, скорее, компиладум механических проблем, хотя и составленный в традициях аристотелевской школы, но включающий в себя и более поздние открытия. Только в последнее время тщательные исследования привели Фрида Крафта, профессора Института истории естественных наук при Гамбургском университете, к убеждению в принадлежности по меньшей мере важнейших разделов «Механических проблем» самому Аристотелю. Более того, автор полагает, что эти «важнейшие разделы» относятся даже к юношескому, платоновскому периоду в научном развитии Аристотеля. В 1970 г. вышла монография Крафта (см. прим. 18), где подробно рассматривается история вопроса (с. 13—20) и в подтверждение высказанного мнения приводятся сопоставления идейного содержания трактата с другими работами Аристотеля.

В дальнейшем мы пользуемся комментированным переводом «Механических проблем», выполненным профессором И. Н. Веселовским, который он любезно предоставил в наше распоряжение. Пагинация в тексте приводится по кн.: Aristotle. Mechanical problems, trans. W. S. Hett. — In: Aristotle. Minor works, vol. 1. Harvard, 1936.

³⁹ Н. И. Моисеев. Очерки развития механики. М., 1961, с. 30.

⁴⁰ К. Ulmer. Wahrheit, Kunst und Natur bei Aristoteles. Tübingen, 1953, S. 215.

⁴¹ См.: Heron von Alexandria. Mechanik und Katoptrik. Leipzig, 1900, S. 54.

⁴² М. Витрувий. Десять книг об архитектуре. М., 1936, с. 287—288.

⁴³ «Круговым движением». Там же, с. 286.

⁴⁴ Там же, с. 301—302.

⁴⁵ Подробный логический анализ этой схемы дан В. С. Библером в цитированной нами работе, с. 173—180.

⁴⁶ Эта динамико-кинематическая подоснова античной статике часто недо-

учитывается историками. По «в период античности статика выступала теоретической основой всей механики, всего понимания процессов механического движения (в динамическом и в кинематическом аспектах)». В. С. Библер. Цит. соч., 170—171.

⁴⁷ См. прим. 186 к первой главе.

⁴⁸ F. Kraft. Op. cit., S. 70, 72.

⁴⁹ Аристотель. О небе, III, 2. Цит. по: P. Duhem. Les origines de la Statique, vol. 1, p. 6.

⁵⁰ Аристотель. О небе, II, 8, 289b34—290a5. Перевод (на немецкий) и комментирующие вставки Ф. Крафта.

⁵¹ См.: «Механические проблемы», гл. 1.

⁵² См.: Аристотель. Физика, IV, 8, 216a6 (72). — «...Всякое движение стоит в известном числовом отношении ко всяким другим движениям (так как оно существует во времени, а всякое время стоит в отношении ко временим, вследствие того, что оба являются конечными)...»

⁵³ Обратите внимание на это превращение «одной и той же силы» (αὐτὸς ἰσχύς) в «равные грузы» (ἰσὺν βάρος).

⁵⁴ Вслед за Платоном являются образцами точных искусств, он называет также же «искусство извешивания» (ἡ στατική τέχνη). Филеб, 55e 3 (1), (72).

⁵⁵ См.: A. Kruhm. Die Waage im Wandel der Zeiten. Frankfurt am Main. 1934, S. 10—11. См. также: Th. Ibel. Die Waage im Altertum und Mittelalter. Erlangen, 1908. Первоначально путаницей между понятиями груза (βάρος), т. е. веса, который не зависит от пространственных определений, и понятием «стремления к своему месту» (ρᾶσις), в определенное которого и выходит удаление от естественного места или возможная скорость, и обходится споры о зависимости «веса» тела от расстояния до земли. См.: F. Kraft. Op. cit., S. 75.

⁵⁶ О связи понятия ρᾶσις с понятием impetus см.: W. Hartner, M. Schramm. La notion de «l'inertie» chez Hipparque et Gallée. In: Actes du Symposium International des sciences physiques et mathématiques dans la première moitié du XVII^e siècle, Pisa — Vinci, 16—18 Juin 1958. Florenz et Paris, 1958, S. 126—132.

⁵⁷ P. Duhem. Les origines de la Statique, vol. 1, p. 263.

⁵⁸ С. Я. Лурье. Архимед. М. — Л., 1945, с. 76.

⁵⁹ И. Д. Моисеев. Цит. соч., с. 27—28.

⁶⁰ А. Т. Григорьев и В. П. Зубов. Очерки развития основных понятий механики, с. 46.

⁶¹ См., например: B. Ginsberg. Duhem and Iordanus Nemorarius. — «Isis», 1936, vol. 25, p. 341—362; E. A. Moody and M. Clagett. The medieval science of weights. Madison, 1952, p. 8—9; E. Heibert. Historical roots of the principle of conservation of energy. Madison, 1962, p. 36.

⁶² F. Kraft. Op. cit., S. 128—129. См. также: P. Duhem. Op. cit.: «Архимед — все же исключение в изучении равновесия грузов, если рассматривать все же аристотелевской точки зрения, но он также исключение и для своего с аристотелевской точки зрения, но он получил свои принципы как общие законы движения; он заложил здание своей теории на нескольких простых и достоверных законах относительно равновесия; он сделал также на науку о равновесии автономную науку, которая ничего не дает другим ветвям физики; он основал статику», p. 11.

⁶³ Э. Маз. Механика. Историко-критический очерк ее развития. СПб., 1909, с. 17.

⁶⁴ История механики с древнейших времен до конца XVIII века. Под общ. ред. редакцией А. Т. Григорьяна и И. В. Погребыского. М., 1971, с. 19.

⁶⁵ С. Я. Лурье. Цит. соч., с. 82.

⁶⁶ Например, Витрувий пишет: «Крайние столбы должны сравнительно с другими раздаваться более широко для того, чтобы они, получая таким образом силу, могли устоять, когда камни свода под давлением тяжести сами стали бы в пазах кладки наваливаться на центр, грозя вывернуть устои». Цит. соч., 6, VIII, с. 174.

⁶⁷ Анализируя работы александрийских механиков, главным образом «Механику» Герона, которая дошла до нас только в арабском переводе Косты Ибн Луки из Бальбека, А. Драхман реконструировал основные постулаты трех не сохранившихся книг Архимеда, посвященных механике (или, быть может, одного большого сочинения *τά μηχανικά ή ήτοιχαστικά μηχανικά* — «Начала механики»), на которые сам Архимед неоднократно ссылается (места приведены у Ф. Крафта. Цит. соч., с. 106—107), — «Об опорах», «О весе» и «О равновесии тел». См.: А. G. Drachmann. Fragments from Archimedes in Heron's mechanics. — «Centaurus», 1963, vol. 8, S. 91—146.

С 1962 г. мы имеем превосходное издание Архимеда на русском языке с предисловием и обширными комментариями переводчика — И. Н. Веселовского. Все фрагменты, относящиеся к ранним механическим работам Архимеда, сведены здесь в особый раздел. Везде, где особо не оговаривается, мы цитируем Архимеда по этому изданию (Архимед. Сочинения. М., 1962), указывая в тексте страницу.

⁶⁸ W. S. Stehl. Der Begriff des Schwerpunktes bei Archimedes. — In: Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik, Astronomie und Physik. Abhandlung B: Studien, Bd 4, Heft 2. Berlin, 1930, S. 221—244.

⁶⁹ Ж. Мах. Цит. соч., с. 21—22.

⁷⁰ «...Именно तो постулат», — пишет В. Штейн — который оспаривал Мах, явно высказан и использован Архимедом, а именно — шестой из семи аксиом, предшествующих трактату «О равновесии плоских фигур». Op. cit., S. 222—223. Можно привести еще слова Ван дер Вардена: «В действительности Архимед с величайшим старанием формулирует в своих постулатах точно и полно все необходимое для последующего рассуждения. У него философский дух греков: он отдает себе отчет во всех гипотезах, на которых покоится его доказательство». Цит. по кн.: А. Т. Григорьян и В. П. Зубов. Цит. соч., с. 44.

⁷¹ Вирпулль. Цит. соч., с. 22.

⁷² «В допущениях (постулатах), на которых строится основной вывод, по сути дела, обосновывается возможность применить к исследованию законов рычага принципы нахождения центра тяжести, т. е. возможность дать механико-геометрическое толкование механическим проблемам». В. С. Библер. Цит. соч., с. 188.

⁷³ W. Stein. Op. cit., S. 239.

⁷⁴ Поэтому «выведение закона рычага, содержащееся в книге «О равновесии плоских фигур», весьма вероятно, представляет собой только краткое и преследующее чисто математические цели следующей II книги извлечение из гораздо более объемистого и подробного сочинения, которое содержало также утерянные определения, аксиомы и положения». F. Kraft. Op. cit., S. 106.

⁷⁵ Op. cit., F. Kraft. Op. cit., S. 109.

⁷⁶ F. Kraft. Op. cit., S. 114.

⁷⁷ Philo Belopoitika, (Viertes Buch der Mechanik). Griechisch und Deutsch von H. Diels und E. Schramm, Abhandlungen der Preussischen Akademie der Wissenschaften. Philosophisch — Historische Klasse. Jahrgang 1918, Nr. 16. Berlin, 1919, S. 26.

⁷⁸ И. Н. Веселовский замечает, что слово *ρόπή* произведено от глагола *ρέπω* — «то есть самый корень и смысл, что в нашем «рнуться» или «лечь» «рыпаться» (с. 11). Немцы переводят *ρόπή* словом *die Neigung* — склонность, тенденция (так переводит Гуль в изданиях Герона и Паппа). В. П. Зубов переводит *ρόπή* как «тягистея» в противоположность «грузу» *βάρος* (см. «Очерк...», с. 48). Нам этот перевод кажется неудачным. *ρόπή* означает прежде всего критическую точку, решающий момент — например, *ἐν ροπῇ καὶ ἐξουσίᾳ* — «находиться в критическом положении». У Эсхила мы находим выражение *ρόπή δίχως* — «веса правосудия» (см.: Древнегреческо-русский словарь, т. 2. Состав. И. Х. Дворецкий, под ред. С. И. Соболевского. М., 1958, с. 1456). Таким образом, *ισοροπία* есть равенство стремлений, склонностей к движению.

Сам Архимед часто употребляет выражения *τά μηχανικά* и *τά ισοροπικά* или *κέντρον τῆς βάρος* и *κέντρον τῆς ροπῆς* как синонимами. Эта синонимия, может быть, лучше всего свидетельствует о том, насколько свободным был переход от статического представления к кинематическому и обратно.

⁷⁹ При этом используются методы математического атомизма. См.: С. Я. Лурье. Цит. соч., с. 64. См. также: Архимед. Сочинения, с. 131.

⁸⁰ В. С. Библер. Цит. соч., с. 191.

⁸¹ См. прим. 64 к первой главе.

⁸² Аристотель. Физика, IV, 4, 212a (64).

⁸³ Там же, IV, 8, 216a (73).

⁸⁴ Там же, IV, 9 (73—75).

⁸⁵ Цит. по кн.: Античная география. М., 1953, с. 69.

⁸⁶ Как считают Дильс, Таннери и некоторые другие, Герон жил в I или начале II в. н. э. Историю вопроса можно найти во вступительной статье Вильгельма Шмидта к немецкому изданию сочинений Герона: *Heron von Alexandria*. Druckwerke und Automatenheute. Griechisch und deutsch Hrsg. von W. Schmidt. Leipzig, 1899. Шмидт, в частности, считает, что созидание «Механики» Героном следует датировать 51 г. н. э. (terminus post quem). В нашей работе мы пользуемся русским переводом «Механики» И. Н. Веселовского, который позволил нам онакоимиться с текстом, за что мы выражаем ему глубокую признательность. В сылках мы ограничиваемся указанным книгой и главы, следуя обычному подразделению, принятому, например, в издании Шмидта.

⁸⁷ Такой теоретический взгляд Герона на практическую механику вырабатывается в нем специфическое отношение к непосредственному чувственному опыту, который он воспринимает как аргумент или подтверждение лишь постольку, поскольку в нем можно усмотреть замечательный идеальный случай. «Действительно», — пишет он, — ничто не мешает принять это положение для чувственно воспринимаемых вещей, а для вещей, которые являются только мыслимыми, оно будет еще более истинным» (I, 13).

⁸⁸ «Поскольку же связанные тела (не жидкости... — А. А.) по своей природе не бывают на своих основаниях гладкими и не легко могут быть выровненными, то вследствие шероховатости тел получается, что одно поднимает другое...» (I, 21).

К главе третьей

¹ Весьма показательным в этом отношении является фундаментальный труд Л. Торндайка: L. Thorndike. A history of magic and experimental science, vols I—VIII. N. Y., 1922 (в дальнейшем цит. Л. Thorndike, vol. p.). Тщательно фиксируемый и воспроизводимый автором набор фактов, высказываний, мнений призван охарактеризовать причудливое смешение эмпирического и магического отношения к природе, главным образом, в эпоху позднего средневековья. Весь комедийный, однако, связан только хронологией, взаимоотношением персонажей и другими столь же внешними факторами.

² Таковы работы П. Дюгема, Е. Барта, капитальные исследования по натурфилософии поздней схоластики Аннелиуса Майер (к настоящему времени вышло пять книг), работы Фр. Н. Михальского, М. Кладжета и других.

³ Мы оставляем без рассмотрения всю арабскую науку Средних веков (даже и там, где она непосредственно вторгается в западноевропейскую) и сознательно жертвуем полным картиной, чтобы сосредоточиться на несомненно принципиально важных пунктах.

⁴ Неоплатонизм, как известно, был для раннехристианской философии той интеллектуальной средой, в которой происходило догматико-теоретическое самосознание христианства. Именно на неоплатонических школ вышли почти все первые христианские философы как на Западе, так и на Востоке. Августин изучал «Исмаеда» Плотина по переводу Марии Викторины, который сам в глубокой старости перешел в христианство. См.: Л. Н. Карсавин. Святые отцы и учителя церкви. Париж (6 г.), с. 228.

- автора. В III—IV вв. изменяется сама техника книжного дела, когда папирус, хранящийся в форме свитка, был вытеснен пергаментом в форме книги, кодекса. «С кодексами,— пишет Доббас-Рожественская,— которые можно разложить вокруг в нужном числе, развернув их на нужных страницах и легко переворачивая к нужным местам,— совершенно меняется картина работы. Она превращается в широкий поток, способный на пути увлекать многочисленные подлинные материалы и перерабатывать их в более сложные elaborаты», цит. соч., с. 50. Так возникает возможность для многообразных сопоставлений и толкований текстов — формально-логических, мистико-символических, реально-исторических. Создаются многочисленные сборники мудростей — «Цепи золотые», «Жемчуга духовные», «Пчелы».
- ⁵⁰ Мы оставляем в стороне анализ такого искусства слова, как поэзия, который во многом был расширен и конкретизировал концепцию «лингвистического эксперимента». См., например, блестящий анализ поэтического формообразования у Данте, данный О. Мандельштамом в кн.: Разговор о Данте. М., 1967, с. 36.
- ⁵¹ См. исходные для всей этой проблематики вопросы из «Комментария» Бодзия, приведенные в кн.: M. Carré. Realists and Nominalists. Oxford, 1946, p. 38.
- ⁵² Anselm. De fide trinitatis. Пят. по: M. Carré. Op. cit., p. 41.
- ⁵³ См. изложение вопроса в кн.: M. Grabmann. Die Geschichte der scholastischen Methode, Bd II. Berlin, 1957, S. 177—221.
- ⁵⁴ B. Geyer. Peter Abaelard philosophische Schriften.— In: Beiträge zur Geschichte der Philosophie und Theologie des Mittelalters. Texte und Untersuchungen, Bd XXI, Heft 1—4, Münster i W., 1933. Die Glossen zu den Kategorien, Heft 2, S. 111—113.
- ⁵⁵ M. Carré. Op. cit., p. 65.
- ⁵⁶ См.: Я. А. Лятеркер. Декарт. М., 1975, с. 29—30.
- ⁵⁷ Во избежание лишних недоразумений, напомним то, о чем мы говорили во введении. Форма «источкования», которую экспериментально-теоретическая деятельность приняла в эпоху средневековья, составлял лишь одну сторону экспериментальной деятельности — сторону, мало заметную в современном экспериментировании, но занимавшую доминирующее положение в рамках средневекового теоретического мышления. Так именно этот аспект подчинял и даже сводил на нет все другие моменты, в том числе и определяющий в современной науке момент непосредственно предметного исследования. Поэтому то средневековую ситуацию и можно использовать в качестве своеобразного увеличительного стекла, через которое в современности можно разглядеть с трудом уловимый момент экспериментальной деятельности.
- ⁵⁸ См., например, M. Grabmann. Op. cit., Bd II, S. 1—8, 94—117; H. Taylor. The medieval mind. A history of the development of thought and emotion in the middle ages, vol. III. Cambridge, 1949, Ch. XXXVIII. p. 408—432; Ch. XLII, p. 514—555.
- ⁵⁹ О переводах Аристотеля на латинский язык существует обширная литература. Укажем лишь следующие работы: M. Grabmann. Forschungen über die lateinischen Aristoteles.— Übersetzungen des XIII. Jahrhunderts. Münster, 1946; S. D. Wingate. The mediaeval latin versions of the Aristotelian scientific corpus. London, 1951.
- Более подробные сведения читатель может найти в кн.: В. П. Зубов. Аристотель, прим. 127 на с. 224.
- ⁶⁰ В дальнейшем мы руководствуемся главным образом великолепными трудами Аннелизы Майер. К настоящему времени опубликовано пять томов ее «Studien zur Naturphilosophie des Spätscholastik». В тексте мы приводим указание страниц со следующих сокращениями: 1) V. G.: Die Vorläufer Galileos im XVI Jahrhundert, 1949; 2) Z. G.: Zwei Grundprobleme des scholastischen Naturphilosophie, 1951; 3) A. G.: An der Grenze von Scholastik und Naturwissenschaft, 1952. Это 2-е, основательно переработанное издание. Издание осуществляется в Риме, в серии Edizioni di Storia e Letteratura.
- ⁶¹ Схоластики пользовались при этом главным образом сочинениями «О происхождении и уничтожении», «О небе» (включавшим псевдо-аристотелевский трактат «О мире») и IV кн. «Метеорологии». Учение о смеси опиралось на сочинение «О чувствах и ощущениях» и на теорию промежуточного состояния, развитую в 7 главе X книги «Метафизики».
- ⁶² Мы уже замечали, что существенное различие способа существования субстанциального и акцидентального было формой разрешения реалистско-номиналистической проблемы. Так, например, у Абеляра понятие формы как субстанциально скрытой сущности вещи, даже по способу своего бытия (subsistentia) отличающейся от способа внешнего существования вещи (existentia), подчеркивает гносеологическую трудность. Вне чувственного постижения не может быть никакого познания, но оно само по себе также не дает никакого сущностного знания. Доступное чувство является акцидентальной качественной альтерацией, лишь подготовляющей ум к интеллигибельному озарению. Поэтому, согласно Абеляру, реально-субституирующая (существующая) универсалия доступна только чисто интеллектуальному постижению, а чувственно-воспринимаемые действия ее относятся к сфере акцидентальной экзистенции (существующей), которая, впрочем, так же реальна. См.: M. Garré. Op. cit., p. 46—47.
- ⁶³ А. Майер замечает, что учение Авиценны о комплексе играло огромную роль в медицинских текстах и стало одним из важнейших понятий средневековой медицины, но его учение о сохранении субстанциальной формы было без остатка отвергнуто схоластикой (A. G., S. 27).
- ⁶⁴ Подробнее об этом см.: A. Meier. Z. G., I. Teil: Das Problem der intensiven Grösse.
- ⁶⁵ См. с. 65.
- ⁶⁶ См.: C. B. Boyer. The history of the calculus and its conceptual development (The concept of the calculus). N. Y., 1959. P. Duham. Etude sur Leonard da Vinci, vol. III, Paris, 1913.
- ⁶⁷ Мертоновский колледж в Оксфордском университете был основан в 1274 г. епископом Уолтером Мертоном для тех ученых, которые закончили основной курс и хотели перейти на высшие факультеты теологии и канонического права.
- ⁶⁸ E. J. Dijksterhuis. Die Mechanisierung des Weltbildes, S. 187.
- ⁶⁹ Ibid., S. 198.
- ⁷⁰ A. Whittaker. A History of the theories of aether and electricity, vol. 1. Edinburgh, 1951, p. 3. A. Whittaker. Space and spirit. Edinburgh, 1946, p. 43—54, 139—143.
- ⁷¹ E. A. Moody. Galileo and Avempace.— «Journal of the history of ideas», 1951, N 12, p. 375—422.
- ⁷² Мы использовали избранные философские тексты Оккама, изданные Ф. Бетнером: W. Ockham. Philosophical writings. A selections, ed. and transl. by Ph. Boehner. Nelson, 1957.
- ⁷³ См.: Ph. Boehner. Op. cit., p. 18. «Интуитивное познание вещей,— говорит Оккам,— есть познание, которое дает нам возможность знать, существует вещь или не существует... С другой стороны, абстрактное познание (notitia abstractiva) есть познание, посредством которого нельзя с очевидностью знать, существует ли частный (conspicibile) факт или нет. Таким образом, абстрактное познание абстрагируется от существования и несуществования». Ibid., p. 22.
- ⁷⁴ Ph. Boehner. Op. cit., p. 41.
- ⁷⁵ Ibid.
- ⁷⁶ Одно из основоположений Оккама гласит: «То, что бог производит посредством вторичных (т. е. сотворенных) причин, он может произвести и сохранить и непосредственно, без их помощи». См.: Ph. Boehner. Op. cit., p. XIX.
- ⁷⁷ Всеобщий эпистемологический принцип Оккама состоит в следующем: «Мы не имеем права утверждать, что положение истинно, или настаивать

на том, что определенная вещь существует, пока нас не принудит к этому или их самоочевидность, или откровение, или опыт, или логическая дедукция из откровенной истины или из предложенного, подтвержденного опыта. Там же, р. XX. Боуер утверждает, что именно это положение и представляет собой знаменитую «блуждательную Олимпиаду». Он замечает, что формулировка такого «правила» имелась уже и раньше, например, у Дунса Скотта.

⁷⁴ J. A. Weisheipl. The place of Joyn Dumbleton in the Merton school.— *Isis*, 1959, vol. 50, N 162, p. 439—454, p. 444.

⁷⁵ См.: Ph. Boehner. Op. cit., p. 140.

⁷⁶ J. A. Weisheipl. Op. cit., p. 445.

⁷⁷ «Движение,— говорит Оккам,— есть слово, применяемое более из-за того, что оно красиво звучит (propter venusitatem elouid), чем по необходимости (propter necessitatem)». См.: B. J. Dijksterhuis. Op. cit., S. 197.

⁷⁸ J. A. Weisheipl. Op. cit., p. 446.

⁷⁹ Thomas of Bradwardine. His «Tractatus de Proportionibus». Its significance for the development of mathematical physics. Ed. and transl. by H. C. Crosby. Madison, 1955.

⁸⁰ См.: L. Thorndike, vol. III, p. 112.

⁸¹ См.: T. Bradwardine. Op. cit., p. 446.

⁸² J. A. Weisheipl. Op. cit., p. 447—448.

⁸³ T. Bradwardine. Op. cit., cap. III, pars 1, p. 112. Ср. прим. 186 к первой главе.

⁸⁴ А. Т. Григорьев и В. П. Zubov. Цит. соч., с. 68.

⁸⁵ T. Bradwardine. Op. cit., cap. III, pars 2, p. 113.

⁸⁶ T. Bradwardine. Op. cit., cap. III, pars 2, p. 121. Такое определение дало основание изданию трактата Брэдвардина на английском языке Кросби сопоставить мгновенную скорость с дифференциалом $\frac{ds}{dt}$ тогда как общая

скорость определяется как $\frac{s}{t}$. Понятие velocitas instantanea (punctualis

velocitas) и связанные с ним рассуждения Брэдвардина в равной мере и

дают основание для того, чтобы увидеть в них «зародыши» таких по-

нятий, как функция, дифференциал (см.: А. П. Юшкевич. О развитии

понятия функции. В кн.: Историко-математические исследования, вып. XVII. М., 1966, с. 130—131), а не могут быть прямо сопоставлены

с ними. Историк, сталкивающийся с такими понятиями, поневоле видит

в них прообразы будущих форм. Но, может быть, не менее существен

и обратный ход, а именно, открытие такого измерения понятия, которое

скрывается в последующих преобразованиях. В данном случае это было

бы пересмотром сущности такого понятия, как «качество», и углублением

взгляда, который видит в физике и математике Нового времени всеох-

ватывающее развитие «количественного» подхода. Эта иллюзия возникла из-

за близкого отождествления теоретической точности с числом, а каче-

ства — с «качественной оценкой». См., например, в этой связи любопыт-

ные рассуждения Гегеля о дифференциале как «качественной определен-

ности количественного». — Г. В. Ф. Гегель. Наука Логика, т. 1. М., 1970,

с. 351. См. также: В. П. Zubov в кн.: А. Т. Григорьев и В. П. Zubov. Цит.

соч., с. 68. М. Claget. The science of mechanics in the Middle Ages. Madison,

1959, p. 214.

⁹¹ Цит. по кн.: А. Т. Григорьев и В. П. Zubov. Цит. соч., с. 68.

⁹² T. Bradwardine. Op. cit., p. 130.

⁹³ Первый обобщающей работой был трактат Уильяма Хейтесберги «Правила

для решения софизмов», написанный в 1335 г., 7 лет спустя после появле-

ния трактата Брэдвардина. Примерно в это же время Джон Дамблтон

составил «Свод логики и физики», в котором были затронуты все «каль-

куляторские» проблемы. Наконец, в первом четверти XIV в. Р. Суинсет

(Суйсисхед) закончил энциклопедию всей калькуляторской науки — трактат

«Калькулятор», за который получил имя «калькулятора», подобно то-

му, как Аристотель носил имя «философа», а Аверроэс — «комментатора».

См.: B. C. Boyer. The concepts of the calculus, p. 69, 74—79. P. Duhem. Ét-

udes sur Leonard..., vol. III, p. 314; A. Meier. V. G., S. 81—131.

⁹⁴ См. предисловие В. П. Zubova к его переводу трактата Николая Орема «О конфигурировании качеств», опубликованном в XI выпуске Историко-математических исследований. М., 1958, с. 616—617.

⁹⁵ А. Т. Григорьев и В. П. Zubov. Цит. соч., с. 69.

⁹⁶ См.: P. Duhem. Etudes sur Leonard..., vol. III, p. 375 ff.

⁹⁷ Понятие «соответствия» (correspondentia) употреблялось калькуляторами

в более широком смысле, в смысле точки отсчета, а не «эквивалентности».

Вопрос стоял о том, считать ли процесс увеличением (интенсивности) скорости

или уменьшением (remissio) медленности. Например, если равномерно-

дифференное изменение линейной скорости точки вдоль радиуса враща-

ющегося диска измеряться в позитивной шкале, то общая скорость «соот-

ветствует» самой быстрой точке и убывает к центру. В негативной шкале,

наоборот, медленность убывает от центра к периферии.

⁹⁸ См.: История механики. М., 1971, с. 53—54.

⁹⁹ Трактат Николая Орема многократно комментировался и обсуждался в

современной историко-научной литературе. См., например, A. Meier. Z. G.,

89—109; A. G., 289—343; Ch. Boyer. Op. cit., p. 79—87. Мы использовали

в нашей работе перевод физико-математических глав трактата, выполненный

В. П. Zubovым (см. прим. 94). В дальнейшем при цитировании мы

указываем часть и главу трактата, а также страницу по указанному из-

данию.

¹⁰⁰ Поэтому отношение как таковое есть уже алгебраическая форма. Здесь

не важно, какие именно определенные количества относятся.

¹⁰¹ «...Какое бы отношение ни открывалось между одной интенсивностью и

другой в случае интенсивности одного и того же вида, такое же отно-

шение обнаруживается и между одной линейной и другой и наоборот» (I,

4, 637). «Сказанное следует понимать в универсальном смысле, о всякой

интенсивности, делюмой в воображении, будь то интенсивность активного

или неактивного качества, ощутимого или неощутимого, присущего пред-

мету или среде, например, цвета самого тела или света сияния, распро-

страняемого в среде» (I, 4, 638).

¹⁰² Читателю, интересующемуся подробным изложением вопроса, следует

обратиться к тексту трактата, комментированному В. П. Zubovым.

¹⁰³ См.: P. Duhem. Etudes sur Leonard..., vol. III, p. 375—388; P. Duhem. Les

Systèmes du Monde, vol. VII. Paris, 1956, p. 534—365. S. Günther. Die Anfänge

und Entwicklungsstadien der Koordinatenprinzips im Altertum und Mit-

telalter. «Abhandlungen der naturhistorischen Gesellschaft», VI. Nürnberg,

1877, S. 1; D. B. Durand. Nicole Oresme and the medieval origins of modern

science.— «Speculum», 1941, vol. 16, N 2, p. 167—185. Критику этой точ-

ки зрения см. в работе Вилеттера: H. Wieleitner. Über den Funktionsbegriff

und die graphische Darstellung bei Oresme.— «Bibliotheka mathematica»,

1914, Folge 3, Bd 16, Heft 3, S. 193—243.

¹⁰⁴ «Но это,— замечает А. Майер,— является как раз весьма существенной

тертой схоластического естествознания...: читают до того, как могут из-

мерить» (A. G., S. 290).

¹⁰⁵ См.: L. Thorndike, vol. III, p. 542.

¹⁰⁶ Representation — так Орем называет функцию воображаемой геометриче-

ской формы по отношению к тому качеству, которое она изображает.

¹⁰⁷ Со ссылкой на сочинение «De curvis superficiebus», представляющее со-

бой комментарий XIII в. к I книге «О шаре и цилиндре» Архимеда. См.:

M. Claget. «Osiris», 1954, vol. I, p. 295—346.

¹⁰⁸ Цит. по кн.: История эстетики, т. I, с. 309. Здесь опубликованы 25 и 27 гла-

вы I части трактата, а также главы 15—24 II части, где речь идет о «крас-

оте звука», т. е. об условиях современной гармонии (конформности)

звукон. «...Причина таких действий и перво упомянутого выше,— заклю-

чает Орем,— может быть выведена из первых причин, и заключается она в

разнообразной фигурации дифформных звуков, в смысле усиления и осла-

бления их высоты и силы вместе с другими ранее указанными условия-

ми». Там же, с. 319.

¹⁰⁹ P. Duhem. Etudes sur Leonard..., vol. III, p. 317. См. критику Дюгема в

- работе В. П. Зубова «Концепция Дюгема в свете новейших исследований по истории естествознания». — Труды совещания по истории естествознания 24–26 декабря 1946 г. М.—И., 1948, с. 107. См. также введение к переводу трактата Орема, с. 614–615.
- ¹¹⁰ «Взгляд воображение фигур значительно помогает постичь вещи» (I, 3, 641).
- ¹¹¹ Вторая часть трактата посвящена так называемым сукцессивным, т. е. последовательно приобретаемым, качествам. Здесь рассматриваются качества, во-первых, последовательно распространяющиеся вдоль предмета, и, во-вторых, распространение скоростей, которое делится на «субъектное» (*secundum subiectum*) и временное (*secundum tempus*). Первому соответствует, например, равномерно-дифференное распределение линейных скоростей по радиусу вращающегося диска. Второе описывает распределение скоростей в течение времени движения. Здесь рассматриваются равномерное, равноускоренное и неравноускоренное движение. Определяется понятие ускорения как интенсификации скорости. С помощью таких представлений конфигураций качеств движения объясняются затем различные явления, в которые явно входит движение: различного рода удары, звуки, но также и страдание и удовольствие. Наконец, в главах 26–38 Орем демонстрирует силу своего теоретизма на критике *ars magica*. (Подробно это разобрано у L. Thorndike, vol. III, p. 424, a. o.)
- ¹¹² См.: А. Т. Григорьев и В. П. Зубов. Цит. соч., с. 133–141.
- ¹¹³ АМФ, I (2), с. 872–873.
- ¹¹⁴ F. A. Pouchet. Histoire de science naturelle au moyen âge, ou Albert le Grand et son époque considéré comme point de départ de l'école expérimentale. Paris, 1853. Глава об Альберте Великом занимает с. 203–320. Путь выделяет три прогрессивные стадии в истории науки: для древней Греции характерно наблюдение, и центральной фигурой оказывается Аристотель; для древнего Рима характерна эрудиция, и основная личность поэтому — Плиний; наконец, для Средних веков характерно экспериментирование, героями которого выступают Альберт Великий и Роджер Бэкон.
- ¹¹⁵ L. Thorndike. vol. II, p. 535.
- ¹¹⁶ A. C. Crombie. Robert Grossetest and the origins of experimental science. 1100–1700. Oxford, 1953, p. 3.
- ¹¹⁷ Ibid., p. 14.
- ¹¹⁸ L. Thorndike, vol. II, p. 650.
- ¹¹⁹ A. Crombie. Op. cit., p. 318.
- ¹²⁰ L. Thorndike, vol. II, p. 71.
- ¹²¹ Ibid., p. 452. У Данте, например, во II песне «Рая», в которой Данте и Беатриче, достигнув лунной сферы, ведут ученый диспут о пятнах на лице Луны, Беатриче опровергает мнение Данте и поучительно замечает: «...Тебе бы опыт сделать не мешало: Ведь он для вас источник всех наук» (с. 95–96).
- В результате выясняется, что пятна на Луне — не по причине ее «скажистости», как думал Данте, а вследствие того, что божественная сила просвечивает в ней слабее, чем в других небесных телах.
- ¹²² «Гроссетест», пишет Кромби, — был способен придать августиновско-платоновскому направлению такой поворот, который превращал исследование бога в вещах в первое систематическое экспериментальное исследование вещей. Op. cit., p. 13.
- ¹²³ «В метафизике не может быть иного доказательства, кроме как через следствие, так что духовные вещи познаются через телесные следствия и творят через творения». Р. Бэкон. АМФ, I (2), 869. «Он (Р. Бэкон. — А.) вводит подлинную Scientia experimentalis, которая должна занять в совокупности наук важнейшее место после Sacra doctrina». E. J. Dijksterhuis. Op. cit., S. 154.
- ¹²⁴ См.: S. Easton. Roger Bacon. Oxford, 1952, p. 118. Альберт Великий писал, что он занимается частными наблюдениями не ради интереса философов, а ради любопытства студентов (L. Thorndike, vol. II, p. 536). Роджер Бэкон говорит, что ученый «бывает пристыжен тем, что миряне и старухи,

- рыцари и крестьяне знают факты, которые ему неизвестны; поэтому он идет в мир и наблюдает работы мастеровых, ловит намеки в операциях колдунов, чародеев и магов». (Ibid., p. 653).
- ¹²⁵ АМФ, I (2), 874.
- ¹²⁶ P. Duhem. Du temps où la scolastique latine a connu la physique d'Aristote. — «Revue de Philosophie», 9^e année, 1909, p. 163–178.
- ¹²⁷ A. C. Crombie. Op. cit., p. 42.
- ¹²⁸ В дальнейшем мы излагаем концепцию Гроссетеста по книге Кромби.
- ¹²⁹ «Комментарии Гроссетеста являются, по-видимому, одним из первых и сразу же становятся классическими». По всей видимости, их знал и изучал Альберт Великий. «Несколькими годами позже комментарии получили всеобщее признание, их цитировали в школах... и они продолжали оказывать влияние до самого конца Средних веков». D. A. Callus. R. Grossetest as scholar. In: R. Grossetest. Scholar and bishop. Ed. by D. A. Callus. Oxford, 1955, p. 13–14.
- ¹³⁰ A. C. Crombie. Op. cit., p. 61–70.
- ¹³¹ Аристотель. Аналитика II, I, 26, 87a (238–239).
- ¹³² R. Grossetest. Commentarii Posterior Analytics. Venice, 1494, S. 14.
- ¹³³ L. Baur. Die philosophische Werke der Robert Grossetest, 1912. (Далее цитируется: L. Baur. Werke...).
¹³⁴ A. C. Crombie. Op. cit., p. 96.
¹³⁵ Аристотель. Аналитика II, II, 2, 90a15, (251).
- ¹³⁶ Слова, цитируемые Р. Бэконом в I главе I книги «Большого произведения». АМФ, I (2), 868.
- ¹³⁷ A. C. Crombie. Grossetest's position in the history of science. — В кн.: R. Grossetest. Scholar and bishop, p. 100. См. также: L. Thorndike, vol. II, p. 443.
- ¹³⁸ Цит. по: D. A. Callus. R. Grossetest as scholar. Ibid., p. 26.
- ¹³⁹ Ibid.
- ¹⁴⁰ A. C. Crombie. Grossetest's position..., p. 111.
- ¹⁴¹ АМФ, I (2), 868–870.
- ¹⁴² Там же, с. 870.
- ¹⁴³ «Свет есть принцип существования и принцип познания». Источником этой идеи, помимо неоплатонизма, была псевдо-Аристотелевская книга «Liber de Causis», затем сочинения Авиценны, Августина, Псевдо-Дионисия Ареопагита и др. См. L. Baur. Werke..., S. 52.
- ¹⁴⁴ См.: D. A. Callus. Op. cit., p. 13–14; L. Baur. Werke..., S. 1–17.
- ¹⁴⁵ L. Baur. Werke..., S. 14. A. C. Crombie. R. Grossetest and the origins..., p. 73.
- ¹⁴⁶ Цит. по кн.: A. C. Crombie. Op. cit., p. 130.
- ¹⁴⁷ АМФ, I (2), 874. См. также: R. Carton. L'Expérience physique chez Roger Bacon. Etudes de Philosophie médiévale, t. II. Paris, 1924; R. Carton. L'Expérience mystique de l'illumination intérieure chez Roger Bacon. Ib., t. III. Paris, 1924.
- ¹⁴⁸ D. A. Callus. Op. cit., p. 23.
- ¹⁴⁹ Ibid., p. 24.
- ¹⁵⁰ Имеется английский перевод этого трактата: C. C. Riedl, R. Grossetest. On Light. Wisconsin, 1942.
- ¹⁵¹ Цит. по кн.: A. C. Crombie. Op. cit., p. 114.
- ¹⁵² См.: Р. Декарт. Избранные произведения. М., 1950, прим. 49 на с. 704.
- ¹⁵³ Первые вещи сущности ближе к духовному свету (luci spiritali), благодаря истинности которого интеллектуальные вещи сделаны действительно видимыми для разума. Они более способны воспринимать этот свет и более проинформированы для разума и поэтому они более определены, а наука о них — более определенная наука. Цит. по кн.: A. C. Crombie. R. Grossetest and the origins..., p. 129.
- ¹⁵⁴ A. C. Crombie. Op. cit., p. 116.
- ¹⁵⁵ См.: A. Lejeune. Recherches sur la catoptrique Grécque. Bruxsel, 1957.
- ¹⁵⁶ Цит. по кн.: A. C. Crombie. Op. cit., p. 161–162.
- ¹⁵⁷ Цит. по кн.: C. Baumeister. Witefo. ein Philosoph und Naturforscher des XIII Jahrhunderts. Münster, 1908 (Beiträge zur Geschichte der Philosophie des Mittelalters), S. 129.

- ¹²⁷ Заметим, что здесь, всякая «скрытая», невидимая сила не сводится к природе света, а рассматривается как подобная свету в своих действиях. Так, по мнению оксфордских Петр Пергеринус (вторая половина XIII в.) написал свое исследование «о магните», которое осталось единственным крупным произведением о магнетизме вплоть до 1600 г., когда Гильберт опубликовал свою книгу, включая в нее все опыты Пергеринуса. А в XIV в. Тимон Иудей изучал «умножение видов» тепла, магнетизма, света при прохождении этих «сил» через разные среды.
- ¹²⁸ A. C. Crombie. Op. cit., p. 266.
- ¹²⁹ Ibid., p. 109.
- ¹³⁰ L. Rosenfeld. Marcus Marcis Untersuchungen über des Prisma und ihr Verhalten zu Newton Farben-theorie.— «Isis», 1932, XVIII, p. 325.

К главе четвертой

- ¹ См.: В. С. Библер. Мышление как творчество. М., 1975, с. 171—190.
- ² Пионером такой истории науки был Френсис Бэкон. История древней науки до сих пор часто есть лишь история обстоятельств, объясняющих отсутствие этой науки.
- ³ А. Эйштейн. Собрание научных трудов, т. IV. М., 1966, с. 181—185.
- ⁴ Цит. по кн.: Ю. А. Белый. Иоганн Кеплер. М., 1971, с. 140—141.
- ⁵ А. Эйштейн. Цит. соч., т. IV, с. 342.
- ⁶ A. Koyré. Etudes Galiléennes. I. A. l'aube de la science classique. Paris, 1939, p. 7.
- ⁷ W. E. Wohllwill. Galilei und sein Kampf für copernikanische Lehre, Bd 1. Leipzig, 1926, S. 145.
- ⁸ А. Эйштейн. Цит. соч., т. IV, с. 363.
- ⁹ Галилео Галилей. Избранные труды в двух томах, т. I, М., 1964, с. 148. В дальнейшем везде, где специально не указано, цитируется это издание. Том и страница указываются в тексте.
- ¹⁰ См.: E. Schrödinger. The philosophy of experiment.— «Nuovo Cimento», 1955, N 1, p. 5—15.
- ¹¹ Заметим, что Галилей, по-видимому, считал явление хвоста у кометы возможным оптическим эффектом, проре радиус. См., например: А. Э. Штегел. Галилей. М., 1972, с. 206, 208.
- ¹² «Орган зрения,— говорит Сальвати,— сам себе чинит помехи». С помощью этой теории Галилей преодолел серьезную трудность в теории Коперника, а именно, он объяснил тот странный факт, что различия в наблюдаемых размерах Марса (в противостоянии Солнцу и в соединении с ним) не соответствует его предполагаемой орбите. Телескоп, снимающий «сияние», дает величины в должной пропорции «с точностью до волоска» (I, 434).
- ¹³ См.: V. Ronchi. Histoire de la Lumière. Paris, 1955.
- ¹⁴ В. Ронки. Влияние оптики XVII в. на развитие науки и философии.— В кн.: Вопросы истории естествознания и техники, вып. 16, М., 1964, с. 101.
- ¹⁵ Там же.
- ¹⁶ Цит. по: W. E. Wohllwill. Op. cit., Bd 1, S. 288.
- ¹⁷ Цит. по: А. Э. Штегел. Цит. соч., с. 97. Маджини говорит об этом как о последнем деле, потому что все остальные факты, открытые Галилеем, были признаны не новыми, а, напротив, древнейшими. Например, венецианский математик Камилло Глорioso писал в мае 1610 г., что сведения, сообщаемые Галилеем относительно Луны, были известны еще древним пифагорейцам и Платону. Указывались также древние философы и астрономы, которые уже высказывали аналогичные мнения о Млечном Пути и звездах. См.: W. E. Wohllwill. Op. cit., Bd 1, S. 281. Аналогичные упреки высказывал Галилею в своем восторженном письме Кеплер. (См.: А. Э. Штегел. Цит. соч., с. 92.) Разумеется, дело здесь не в достоверности этих исторических ссылок, а в самом характере аргументации.
- ¹⁸ См.: Л. Олишк. История научной литературы на новых языках, т. III. М.—Л., 1933, с. 163.
- ¹⁹ Галилей сначала допускал, что это могут быть «другие звезды», подоб-

ные Венере и Меркурию, но невидимые из-за того, что их орбита слишком близка к Солнцу. 27 мая 1607 г. Кеплер наблюдал пятно, рассматривая изображение Солнца. Но он был убежден, что видит Меркурий, проходящий перед Солнцем, и только случайно воспринимала она продолжит наблюдения. См.: W. E. Wohllwill. Op. cit., Bd 1, S. 441.

²⁰ См.: W. E. Wohllwill. Op. cit., Bd 1, S. 449—451.

²¹ Там же.

²² Цит. по: W. E. Wohllwill. Op. cit., Bd 1, S. 476.

²³ Шайнер писал Вельзеру осенью 1612 г.: «Я только что получил письмо с наблюдениями Галилея. Я невероятно обрадовался, когда увидел, до какой степени они совпадают с моими, а мои — с его. Сравняя, ты увидишь, и если заметишь, то удивишься, насколько хорошо, учитывая большую удаленность мест наблюдения, согласуются наши результаты друг с другом в том, что касается числа, порядка, положений, величин и фигуры пятен... При всем различии во мнениях мы могли бы быть тесно связанными душевной дружбой, тем более, что мы оба стремимся к одной цели, а именно к истине». Цит. по: W. E. Wohllwill. Op. cit., Bd 1, S. 476.

²⁴ Цит. по кн.: С. F. Vassiere. Из истории научных мировоззрений. М.—Л., 1939, с. 59.

²⁵ E. Burtt. The metaphysical foundation of modern physical science. N. Y., 1925.

²⁶ «...Для патера Шайнера, который привык мыслить «согласно общему мнению всех философов и математиков», удовлетворительное объяснение рассматриваемого явления получается путем включения его в господствующую систему мира. Здесь противостоят друг другу два типа научного мышления: приспособление новых фактов к уже готовым воззрениям и вывод новых воззрений из этих фактов, не покидая, однако, почвы их». Д. Олишк. Цит. соч., т. III, с. 163.

²⁷ См.: Т. Кuhn. The copernican revolution. Planetary astronomy of the development of Western thought. Cambridge, 1957.

²⁸ Цит. по статье: Н. И. Идальсон. Этюды по истории планетных теорий.— В кн.: Николай Коперник. М.—Л., 1947, с. 123.

²⁹ Там же, с. 245.

³⁰ Там же.

³¹ В смысле Декарта. См., например, понятие «интуиция» в III правиле из «Правил для руководства ума». Р. Декарт. Избранные произведения. М., 1950, с. 86.

³² См.: П. Дюгам. Физическая теория, ее цель и строение. СПб., 1910, в особенности с. 318—319. Конвенционализм, безусловно, является шагом вперед бытности по сравнению с наивным индуктивизмом и верификаторством. Однако и по оставлен в значительной степени непроанализированным то, каким образом вообще возможен контакт между математической теорией — гипотезой и простым наблюдением. Хотя в конвенционализме уясняется роль теоретической идеализации в эксперименте (см., например, цит. соч., с. 182—189), однако разделение физико-теоретической системы на три разнородных слоя: логический (математический), эмпирический и метафизический — составляет его неоспоримый недостаток, какую бы органическую форму соустоивания этих трех родов знания он ни избрал.

³³ Там же, с. 48—65. См. критику этой «конвенционалистской парадигмы» у Лакатоса: I. Lakatos. History of science and its rational reconstructions.— In: Boston studies in the philosophy of science, ed. by R. C. Buck and R. S. Cohen, vol. VIII, Boston, 1970, p. 94—96.

³⁴ Так считает Э. Пановский. См. статью «Галилей: наука и искусство (эстетические взгляды и научная мысль)» в кн.: У истоков классической науки. М., 1968, с. 13—34. Свидетельством в пользу такого мнения является, без сомнения, отношение Галилея к открытию Кеплера.

³⁵ Д. Олишк. Цит. соч., т. III, с. 84.

³⁶ «Крайней дерзостью, — говорит Сагредо, — всегда казалось мне стремление сделать человеческую способность разума мерой того, что природа мо-

- жет и умеет сотворить, тогда как наоборот, нет ни одного явления, как бы мало оно ни было, к полному познанию которого могли бы прийти самые глубокомысленные умы» (I, 199). Когда Сальвинати хочет резко упрекнуть Сальпиццо, он говорит: «Я начинаю думать, что вы до сих пор принадлежите к числу тех, кто, желая узнать, как происходит что-либо и приобрести сведения о явлениях природы, обращается не к лодкам, самострелам и артиллерийским орудиям, а уединяется в кабинете для перелистывания оглавлений и указателей в поисках, не сказал ли чего-либо об этом Аристотель...» (I, 284). Заметим, впрочем, что и для Сальвинати для получения сведений о явлениях природы надо, собственно говоря, тоже удалиться от природы, только не в «кабинета», а в «мастерскую» или на «полигон».
- ³⁷ Цит. по кн.: Ю. А. Белый. Цит. соч., с. 84. Ср. также следующее высказывание Коперника: «Основные мотивы, при помощи которых физиологи пытаются доказать неподвижность Земли, основываются, главным образом, на наблюдаемых явлениях, но все это должно уже в самом начале рухнуть, поскольку мы сами в такой же степени поддаемся иллюзиям (арепсия)». Цит. по кн.: Польские мыслители эпохи Возрождения. М., 1960, с. 37.
- ³⁸ «...Можно с уверенностью сказать, что если бы даже не было вообще никаких сомнений в коперниканской астрономии с религиозной точки зрения, любой здравомыслящий европеец, в особенности же склонный к эмпирическому мышлению, объявив бы ее самосудным призывом принять скороспелый плод бесконтрольного воображения и предпочесть его надежным выводам, накопленным постоянным и продолжительным опытом подтвержденным опытом человеческих чувств... Современные эмпирики, если бы они жили в шестнадцатом веке, вероятно выставили бы на помешки новую философию Веленной». *E. Burtt*. Op. cit., p. 25.
- Коперник, говорит Бруно, «крепко стоял против потока противоположной веры и, хотя почти не был вооружен живыми доводами, все же, подобрав ничтожные и заражающие обломки, которые можно получить из рук древности, заново их обработал, соединил и настолько спаял свое учение более математической, чем естественнонаучной реалью, что превратил дело, бывшее смешным, низким и презираемым, в дело почтенное, ценное, более вероятное, чем другое, противоставившее ему». *Дж. Бруно*. Диалоги. М., 1949, с. 55–56.
- ³⁹ Там же, с. 57.
- ⁴⁰ *Ф. Бэкон*. Новый Органон, аф. XXII.—Сочинения в двух томах, т. 2. М., 1972, с. 46.
- ⁴¹ *Д. Ольшики*. Цит. соч., т. III, с. 236.
- ⁴² Там же.
- ⁴³ *В. С. Библер*. Мышление как творчество, с. 285–313.
- ⁴⁴ *Д. Ольшики*. Цит. соч., т. III, с. 177.
- ⁴⁵ На этот важнейший момент в творчестве Галилея обратил внимание автора В. С. Библер. Мысленный эксперимент, понятый в контексте диалога, В. С. Библер считает основным моментом в процессе формирования самого субъекта научной деятельности — теоретика Нового времени. Подробный анализ нескольких «сократических экспериментов» проведен В. С. Библером в кн.: Мышление как творчество, с. 285–324. См. также: *В. С. Библер*. Научное творчество как предмет логики. В кн.: Психология научного творчества. М., 1969, с. 167–220.
- ⁴⁶ Аналогично поступает Декарт, который как бы исполняет желание Сальвинати — построить мировоззрение по указанию плана, разработанного автономным разумом. Он строит его по законам вновь открытой необходимости (логики), пользуясь развитым им самостоятельным интеллектуальным воображением. «Отрепшись на некоторое время от этого мира, чтобы взглянуть на новый, который я хочу одновременно с этим создать в воображаемых пространствах», — обращается он к читателю в «Трактате о свете», составлявшем основную часть его «Системы мира». *Р. Декарт*. Избранные произведения. М., 1950, с. 193.

- ⁴⁷ Этот мысленный эксперимент подробно рассмотрен В. С. Библером в его упомянутой нами работе (см. прим. 45).
- ⁴⁸ Там же, с. 301–309.
- ⁴⁹ Выяснению этой внутренней связи в рассуждении Галилея закона сохранения импульса, принципа инерции и принципа относительности автор обязан замечанию Вл. П. Визгина.
- ⁵⁰ Цит. по: *Д. Ольшики*. Цит. соч., т. III, с. 75. См. также: *J. Fahie*. The scientific works of Galileo, vol. II. Singer, 1921, p. 25.
- ⁵¹ В современной физике этот парадокс был замечен, например, Гельмгольцем: «...И мы решаем, твердо ли тело, плоски ли его грани, прямы ли его ребра с помощью тех же положений, которых фактическую верность хотим проверить опытом». *Г. Гельмгольц*. О фактах, лежащих в основании геометрии.— В сб.: Об основаниях геометрии. М., 1956, с. 368.
- ⁵² Поэтому пространство, в которых она строила свой мир, всегда воображаемое (ср. рассуждения Декарта), т. е. в само определение космической системы с самого начала вложена возможность иной.
- ⁵³ *Ф. Бэкон*. Новый Органон, кн. II, аф. XIII.—Сочинения в двух томах, т. 2, с. 104.
- Эту критическую роль эксперимента как деятельности, в которой отдельные частные наблюдения перерабатываются в единую форму закона, прекрасно описал Гегель в «Феноменологии духа». Разум в эксперименте, говорит Гегель, «испытывает закон на всяком чувственном бытии», именно этим снимая лишь чувственное бытие закона». Результатом является формирование нового всеобщего предмета, который существует «как некое неуловимое чувственное, как бестелесное и все же предметное бытие» (*Гегель*. Сочинения, т. IV, М., 1959, с. 137).
- ⁵⁴ Несомненно, программа, развитая Бэконом во II части «Органона», ориентирована скорее на создание особого рода «натуральной истории», в ней нет ясного сознания природы теоретического мышления новой физики. В контексте всего учения Бэкона те моменты, которые мы далее подчеркиваем, приобретают в значительной степени иной смысл. Вот почему позднейшие теоретики и историки часто отрицали реальное влияние Бэкона на формирование новой физики. «Юм», — замечает Ольшики, — «заявив с полной определенностью, что возрождение научной мысли, философии и духовной жизни в Англия явилось результатом не выполнения программы внешне блестящего труда веруламского канцлера, а завешания Галилея» (т. III, с. 270). А Койре в «Etudes Galiléennes», (III, p. 3) решительно и категорично заявляет: «Бэкон — основоположник современной науки», — это правда и притом весьма плохая, которую все еще повторяют ученики. В действительности Бэкон никогда ничего не понимал в науке...»
- ⁵⁵ *Ф. Бэкон*. Сочинения в двух томах, т. 2, с. 61.
- ⁵⁶ Там же, с. 46.
- ⁵⁷ Светоносные опыты это...опыты, которые сами по себе не приносят пользы, но содействуют открытию причин и аксиом». Там же, с. 61.
- ⁵⁸ Там же, с. 52–53. «Наука», — говорит далее Бэкон, — не основывается только или преимущественно на силах ума и не откладывает в сознании нетронутого материал, извлекаемый из естественной истории и из механических опытов, но изменяет его и перерабатывает в разум», с. 59.
- ⁵⁹ Там же, с. 61.
- ⁶⁰ Восьмью детальным анализ развития техники в XVI–XVII вв. в связи с возникновением науки можно найти в книге: *F. Borkenau*. Die Übergang von feudalen zum bürgerlichen Weltbild. Studien zur Geschichte der Manufakturperiode, Paris, 1934. Критика этой работы содержится в статье: *М. Grossman*. Die gesellschaftlichen Grundrassen der mechanistischen Philosophie und die Manufaktur.— «Zeitschrift für Sozialforschung», Paris, 1935, Bd IV, S. 161–231. Этот же вопрос обсуждается в книге: *R. Hooykaas*. Das Verhältnis von Physik und Mechanik in historischer Hinsicht. Wiesbaden, 1963 (Beiträge zur Geschichte der Wissenschaft und der Technik Heft 7). Восьмью интересным анализ взаимодействия техники, физики и математики в фор-

- мировании метода Декарта дан в диссертации Я. А. Ляткера «Декарт и методологический замысел математической физики» (Автореф. М., 1968). Здесь, в частности, рассматривается роль голландского физика И. Бэкона и немецкого инженера И. Фаульхабера в творческой эволюции Декарта при создании им основ своей теории — кинематической механико-геометрии. См. также: R. Lenoble. Mersenne où la naissance de la Mécanisme. Paris, 1943.
- ⁶² Там он разрушает аристотелевскую идею о наличии media quies, т. е. конечной точки покоя при перемене направления прямолинейного движения, при помощи схемы шатунного механизма. См.: A. Koyré. Op. cit., p. 54; A. Koyré. Giambattista Benedetti critic of Aristotle. — In: Galileo: a man of science. New York — London, 1967, p. 98—117. См. также: История механики. М., 1972, с. 78—79. (Основные трактаты по механике XVI в. представлены в кн.: S. Drake and I. Drabkin. Mechanics in sixteenth-century Italy. Selected form Tartaglia, Benedetti, G. Ubaldo and Galileo. Madison, Milwaukee, London, 1969).
- ⁶³ W. E. Wohlwill. Op. cit., Bd 1, S. 79.
- ⁶⁴ Л. Оальши. Цит. соч., т. III, с. 98.
- ⁶⁵ Там же, с. 105.
- ⁶⁶ F. Kraft. Op. cit., S. 168.
- ⁶⁷ См. F. Kraft. Keplers Gesetze im Urteil seiner Zeit. München, 1970.
- ⁶⁸ Л. Оальши. Цит. соч., т. III, с. 102.
- ⁶⁹ Там же, с. 99. «Для Галилея, — продолжает Оальши, — с самого же начала характерно при этом постоянном сочетании теоретических и практических интересов то, что теоретические вопросы получают перевес над чисто техническими... Этот подход к техническим проблемам, скорее с точки зрения наблюдателя, приводил к замене интуитивно-ремесленной уверенности теоретическим соображением». Там же, с. 107.
- ⁷⁰ Э. Мах. Механика. СПб., 1909, с. 114.
- ⁷¹ В. С. Виблер. Творческое мышление как предмет логики. — В кн.: Научное творчество. М., 1969, с. 195.
- ⁷² Гегель. Сочинения, т. IV, с. 131.
- ⁷³ «...Всёобщее, разумеется, более абсолютно, чем частное, потому что оно обладает более простой природой, но его же можно назвать и более относительным, ибо оно нуждается для своего существования в единичных вещах...» (Правило VI). Р. Декарт. Избр. произв., с. 97.
- ⁷⁴ Цит. по кн.: В. Л. Зубов. Развитие атомистических представлений до начала XIX века. М., 1965, с. 209.
- ⁷⁵ Р. Декарт. Трактат о свете, гл. 1. — Избр. произв., с. 174—175.
- ⁷⁶ АМФ, 2, с. 224.
- ⁷⁷ Там же, с. 225.
- ⁷⁸ Л. Оальши. Цит. соч., т. III, с. 111, 164.
- ⁷⁹ E. Cassirer. Mathematical mysticism and mathematical science. In: Galileo: a man of science, p. 347—350.
- ⁸⁰ E. Burtt. Op. cit., p. 56.
- ⁸¹ J. Kepler. Mysterium Cosmographicum. Johannes Kepler. Gesammelte Werke, hrsg. in Auftrag der deutschen Forschungsgemeinschaft und der Bayer. Akademie der Wissenschaften. Bd 1. München, 1938. Цит. по кн.: E. Burtt. Op. cit., p. 58.
- ⁸² Основные этапы формирования картезианского метода, которые мы кратко здесь рассматриваем, подробно исследованы в диссертации Я. А. Ляткера «Декарт и методологический замысел математизации физики». См. также: Я. А. Ляткер. Декарт. М., 1975.
- ⁸³ Р. Декарт. Избранные произведения, с. 397.
- ⁸⁴ Там же, с. 93—94.
- ⁸⁵ Там же, с. 91.
- ⁸⁶ Descartes. Oeuvres. (Publiées par Charles Adam et Paul Tannery), vol. 1—12. Paris, 1897—1913, vol. 10, p. 154—158.
- ⁸⁷ См. Рассуждения о методе, ч. II, «Основные правила метода». — Р. Декарт. Избранные произведения, с. 266—275.
- ⁸⁸ Я. А. Ляткер. Автореферат диссертации, с. 9.
- ⁸⁹ Цит. по кн.: Ю. А. Белый. Цит. соч., с. 180.
- ⁹⁰ См.: С. Ф. Вассильев. Из истории механических учений, с. 35—36.
- ⁹¹ Цит. по кн.: А. Т. Григорьев и В. П. Зубов. Очерки..., с. 11.
- ⁹² «Невежество было для него (Галилея — А. А.) наилучшим из всех учителей. Чтобы быть в состоянии доказать своим оппонентам истинность своих заключений, он старался доказать их при помощи различных экспериментов, хотя, чтобы удостовериться своей собственным умом, он никогда не чувствовал необходимости произвести хотя бы один эксперимент». См. J. J. Fiske. The scientific works of Galileo, vol. II, p. 25. См. также: Т. Р. МакТиге. Galileo's «Platonism»: a reconsideration. In: Galileo: a man of science, p. 385—387.
- По мнению автора, эксперимент вовсе не входит в состав галилеевской методологии. Это — часть, предназначенная только для аристотеликов типа Симплицио, которые не просвещены в математике и поэтому не могут читать «книгу природы», p. 377.
- ⁹³ S. A. Bedini. Galileo Galilei and the measure of time. «Saggi su Galileo Galilei. Comitato Nazionale per le Manifestazioni celebrative del IV centenario della nascita di Galileo Galilei». Firenze, 1967.
- ⁹⁴ См., например: L. Cooper. Aristotle, Galileo and the tower of Pisa. Ithaca. N.Y., 1935. W. E. Wohlwill. Op. cit., Bd II. Leipzig, 1926, S. 260.
- ⁹⁵ Th. B. Settle. Galileo's use of experiment as a tool of investigation. In: Galileo: a man of science, p. 315—337.
- ⁹⁶ G. Galileo. «De motu dialogus». Opere di Galileo Galilei, vol. I. Firenze, 1890—1909, p. 367—408. Английский перевод в кн.: St. Drake and I. E. Drabkin. Op. cit., p. 374.
- ⁹⁷ См. о нем: A. Koyré. Metaphysics and measurements: essays in the scientific revolution. Cambridge, 1968, p. 97—105.
- ⁹⁸ Ibid.
- ⁹⁹ Цит. по кн.: R. Dugas. La Mécanique au XVII^e siècle. Paris, 1954, p. 131.
- ¹⁰⁰ Цит. по статье: И. Б. Погорельский, У. И. Франкфурт. Галилей и Декарт. — Галилей. Избранные сочинения, т. II, с. 505. «Как повянет Декарт, — замечает Койрэ, — который отрицает все опыты Галилея! Как он прав! Ведь все опыты Галилея, по меньшей мере, все реальные опыты, заканчивающиеся измерением и числом, современниками были найдены ложными». Etudes Galiléennes, vol. III, p. 72—73.
- ¹⁰¹ R. Dugas. Op. cit., p. 83.
- ¹⁰² Р. Декарт. Избранные произведения, с. 306—307.
- ¹⁰³ Э. Мах. Механика, с. 124.
- ¹⁰⁴ Там же, с. 125.
- ¹⁰⁵ Opere di Galileo Galilei, vol. I, p. 68. Английский перевод в кн.: I. E. Drabkin and S. Drake. Galileo on motion and on mechanics. Madison, 1960, p. 110.
- ¹⁰⁶ См., например: E. Burtt. Op. cit., p. 81—95; E. Cassirer. Mathematical mysticism and mathematical science. In: Galileo: a man of science, p. 340; A. R. Hall. From Galileo to Newton. 1630—1720. London, 1963; A. C. Crombie. Medieval and early Modern Science, vol. II. Garden City, 1959, p. 140, 143.
- ¹⁰⁷ A. Koyré. Galileo and Plato. In: Metaphysics and measurements, p. 3—44.
- ¹⁰⁸ A. Koyré. Op. cit., p. 43.
- ¹⁰⁹ A. Hall. Op. cit., p. 71.
- ¹¹⁰ Л. Оальши. Цит. соч., т. III, с. 113.
- ¹¹¹ Там же, с. 235.
- ¹¹² Там же, с. 120.
- ¹¹³ МакТиге. Op. cit., p. 375—378.
- ¹¹⁴ D. Dubarle. Galileo's methodology of natural science. In: Galileo: a man of science, p. 295—314.
- ¹¹⁵ T. R. Grillo. Galileo and platonistic methodology. — «Journal of the History of Ideas», 1970, vol. XXXI, N 4, p. 501—520.

- ¹¹⁸ Так, например, автор довольно интересной статьи — «От «новой науки» Ренессанса к «новому методу» Барокко» — О. Флекенштейн пишет: «Номиналисты средних веков, постепенно расчлняя схоластическое понятие изменения субстанции, развили метод «графического представления» и в своих вычислительных школах проиллюстрировали метод квантификации качеств. Оставалось сделать лишь последний шаг, осуществленный позднее Галилеем, т. е. провозгласить *kinesis* метафизики Аристотеля идеальной моделью изменения состояния в физической природе и со всем пафосом неоплатонизма конца Ренессанса объявить *motus uniformiter difformis* номиналистов законом свободного падения реальных тел».— Вопросы истории естествознания и техники, т. 16. М., 1964, с. 110.
- ¹¹⁷ *E. Namet. L'intelligibilité mathématique et l'expérience chez Galilée.*— В кн.: *Galileo. Aspects de sa vie et son oeuvre.* Paris, 1968, p. 113.
- ¹¹⁸ *И. В. Гере.* Избранные философские произведения. М., 1964, с. 147.
- ¹¹⁹ Мы следуем здесь той схеме теоретического понятия в его связи с понятием эксперимента, которая была развита *В. С. Виблером* в статьях «Понятие как процесс». — «Вопросы философии», 1965, № 8, с. 47—56, и «Творческое мышление как предмет логики». — В кн.: Научное творчество. М., 1969.
- ¹²⁰ «В опыте имеет большое значение, как ум приступает к изучению действительности. Великий ум делает великие наблюдения и усматривает в пестрой игре явлений то, что имеет значение». *Гегель.* Энциклопедия философских наук, ч. 1. Логика. — Сочинения, т. I. М., 1930, с. 58.
- ¹²¹ *В. С. Виблер.* Творческое мышление как предмет логики. — В кн.: Научное творчество, с. 204—216.
- ¹²² *И. Лакарос.* Доказательства и опровержения. М., 1967, с. 35.
- ¹²³ Речь идет о второй производной.
- ¹²⁴ *В. П. Визгин.* «Эрлангенская программа» и физика. М., 1975.

Предисловие	3
ВВЕДЕНИЕ	5
<i>Глава первая</i>	
ПРОБЛЕМА ЭКСПЕРИМЕНТА В АНТИЧНОЙ НАУКЕ	24
Научно-теоретическое мышление античности и вопрос об эксперименте	24
Идея эксперимента в пифагорейской науке	31
Эксперимент и математическая теория	45
«Эйдос» и «фюсис». Превращения идеальной формы	53
<i>Глава вторая</i>	
ФИЗИКА И МЕХАНИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ЭПОХИ ЭЛЛИНИЗМА	73
Основное противоречие аристотелевой физики и проблема эксперимента	73
Теоретическая механика: идеализация и мысленный эксперимент	81
А. «Динамическая статика» перипатетиков	81
Б. Экспериментальная статика Архимеда	89
Практика и научный эксперимент. Экспериментальный смысл практической механики	98
<i>Глава третья</i>	
ЭКСПЕРИМЕНТ И ТЕОРИЯ В ЭПОХУ ЕВРОПЕЙСКОГО СРЕДНЕВЕКОВЬЯ	106
Мышление в средневековой культуре	107
Понятие предмета в позднесхоластической науке	123
А. Основная проблема позднесхоластической натурфилософии	124

Б. «Калькуляторы»	129
В. Теория «конфигураций качеств» как метод мысленного экспериментирования	136
«Scientia experimentalis»	145
А. Открытие эксперимента?	145
Б. Эмпиризм, методология физического объяснения и роль математики	149
В. Метафизика света и оптическая физика	159
<i>Глава четвертая</i>	
ГАЛИЛЕЙ. ПРИНЦИПЫ ЭКСПЕРИМЕНТА	165
В НОВОЙ (КЛАССИЧЕСКОЙ) ФИЗИКЕ	165
Введение в проблему	171
Авторитет, факт, теория	172
А. Факт против авторитета	180
Б. Наблюдение и исследование	189
В. Теория против авторитета факта	196
Эксперимент и мышление	196
А. Сократовская миссия эксперимента	206
Б. Эксперимент как формирование нового предмета	217
В. Механика и математика	227
Математика и эксперимент	227
А. Идеализация и реальный эксперимент	239
Б. Математическая абстракция или физическая сущность?	257
ПРИМЕЧАНИЯ	

Анатолий Валерианович Азутин
ИСТОРИЯ ПРИНЦИПОВ ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА
(от античности до XVII в.)

Утверждено к печати Институтом истории естествознания и техники АН СССР

Редактор А. М. Федина. Редактор издательства В. А. Шукоев
Художник Э. Л. Эрман. Художественный редактор С. А. Литвак
Технические редакторы Т. В. Полякова, Ф. М. Хемлок. Корректор Л. С. Азатова
Сдано в набор 6/VI 1976 г. Подписано к печати 26/X 1976 г. Формат 60×90^{1/16}.
Бумага типографская № 1. Усл. печ. л. 18,25. Уч.-изд. л. 21,7. Тираж 3800. Т-16560
Тип. зак. 806. Цена 1 р. 64 к.

Издательство «Наука». 103717 ГСП, Москва, К-62, Подосенский пер., 21
2-я типография издательства «Наука». 121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 10